

P. HOCHGRASSL

Die Wasserkräfte Frankreichs

und ihre Nutzung

im Rahmen der französischen Elektrizitätswirtschaft



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554010_0035

**DIE WASSERKRÄFTE FRANKREICHS
UND IHRE NUTZUNG IM RAHMEN DER
FRANZÖSISCHEN ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT**



Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
einer Hohen Staatswirtschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu
München

vorgelegt von
PETER HOCHGRASSL

DIE WIRTSCHAFTS-UNIVERSITÄT
UND IHR NUTZEN IM NACHWACHSEN
WIRTSCHAFTS-UNIVERSITÄT WIRTSCHAFTS-UNIVERSITÄT



Referent: Prof. Dr. Erich Thiel

Korreferent: Prof. Dr. Dr. Friedrich Lütge

Tag der mündlichen Prüfung: 26. Juli 1957

Als Manuskript gedruckt — Alle Rechte vorbehalten
Vertrieb der über den Pflichtdruck hinausgehenden Ver-
kaufsaufgabe durch die Verlags- und Wirtschaftsgesell-
schaft der Elektrizitätswerke m.b.H., Frankfurt am Main

V O R W O R T

Die vorliegende Arbeit ist das Teilergebnis energiewirtschaftlicher Studien, die mich für längere Zeit nach Frankreich führten und es mir ermöglichten, Fragen der französischen Elektrizitätswirtschaft nicht nur auf Grund des verfügbaren Literatur- und Quellenmaterials sondern auch in den wichtigen Wasserkraftgebieten an Ort und Stelle zu studieren.

Ich bin deshalb in besonderer Weise Angehörigen und Dienststellen der ELECTRICITE DE FRANCE verpflichtet, die mir ihre Unterstützung in Form von Auskünften und Informationsmaterial sowie beim Besuch von Bibliotheken und Werkanlagen gewährt haben. Außerdem seien hier die photographischen Aufnahmen erwähnt, die mir von der ELECTRICITE DE FRANCE liebenswürdigerweise für den Druck dieser Arbeit zur Verfügung gestellt worden sind.

In ähnlicher Weise habe ich der COMPAGNIE NATIONALE DU RHONE sowie den ETABLISSEMENTS NEYRPIC - GRENOBLE für ihre Hilfe zu danken.

Sehr verbunden fühle ich mich Herrn Prof. Dr. Erich THIEL und Herrn Prof. Dr. Dr. Friedrich LÜTGE, die sich die Betreuung meiner Dissertation angelegen sein ließen.

Schließlich möchte ich auch an dieser Stelle den leitenden Herren der VERLAGS- UND WIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT DER ELEKTRIZITÄTSWERKE m.b.H. - VWEW meinen verbindlichen Dank für ihre Hilfe und Bemühungen beim Erscheinen der vorliegenden Schrift sagen.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

Verzeichnis der Abkürzungen	6
<u>EINFÜHRUNG</u>	7
<u>ALLGEMEINER TEIL</u> - Die Entwicklung der Wasserkraftwirtschaft von ihren ersten Anfängen bis zu ihrer heutigen Stellung innerhalb der französischen Elektrizitätswirtschaft	9
I. Von der mechanischen Nutzung der Wasserkräfte zur Erzeugung und Verwendung hydroelektrischer Energie	10
II. Die entstehende Elektrizitätswirtschaft als aussichtsreiches Betätigungsfeld privater Initiative und Erfindergabe	16
III. Entwicklung und Konzentration in der Elektrizitätswirtschaft zwischen den beiden Weltkriegen	24
1. Die gesetzlichen, technischen und wirtschaftlichen Grundlagen der Wasserkraft- und Verbundwirtschaft	25
2. Stromversorgung und -absatz als Grundlage wachsender Elektrizitätswirtschaft und Wasserkraftnutzung	34
3. Ausbau der Wasserkraftwerke und Gesamtentwicklung bis zum zweiten Weltkrieg	41
IV. Die Elektrizitätswirtschaft und der Staat	53
1. Maßnahmen und Eingriffe des Staates im Bereich der Elektrizitätswirtschaft vor dem zweiten Weltkrieg	54
2. Die Stromversorgungskrise während des Krieges	59
V. Die Nationalisierung der Elektrizitätswirtschaft	64
1. Vorgeschichte und Umfang der Nationalisierung	65
2. Die ELECTRICITE DE FRANCE als Träger der nationalisierten Elektrizitätswirtschaft	71
VI. Die französische Elektrizitätswirtschaftspolitik der Nachkriegszeit im Spiegel der Energiepläne und der Kontroverse um Vorrang von Wärme- oder Wasserkraftausbau	77
1. Der erste "Modernisierungs- und Ausrüstungsplan"	77
2. Wärmekraft, Wasserkraft; ihre Grenzen	85
3. Der zweite "Modernisierungs- und Ausrüstungsplan"	92
VII. Die Entwicklung in der nationalisierten Elektrizitätswirtschaft in dem durch Aufbau und Expansion gekennzeichneten Nachkriegsjahrzehnt	98
1. Gesamtentwicklung; Stellung der ELECTRICITE DE FRANCE; Bedeutung der Wärmekraftwerke	98
2. Elektrizitätsübertragung, -verteilung und -verbrauch	107

<u>SPEZIELLER TEIL.</u> - Die französischen Wasserkräfte und ihre besonderen Probleme	116
I. Die natürlichen Grundlagen der Wasserkraftnutzung	116
1. Die französischen Alpen	117
2. Das Zentralmassiv	124
3. Die Pyrenäen	128
II. Die Wasserkräfte in den französischen Nordalpen	131
1. Die Wasserkraftwerke in Hoch-Savoyen und im Jura	131
2. Der energiewirtschaftliche Ausbau am Oberlauf der Isère und am Arc	141
3. Die Wasserkraftnutzung an der unteren Isère sowie an der Romanche und am Drac	148
III. Der Ausbau der Durance und der Mittelmeer-Küstenflüsse	159
1. Voraussetzungen und Grundlagen des Durance-Ausbaus	159
2. Energiewirtschaftliche Aspekte	164
3. Die Talsperre von Serre-Ponçon und ihre Auswirkungen	171
4. Die Wasserkraftnutzung an den Mittelmeer-Küstenflüssen	177
IV. Der Mehrzweckausbau an Rhein und Rhône	183
1. Geschichte des Rhône-Ausbaues; Génissiat	185
2. Die Großanlagen Donzère-Mondragon und Montélimar	190
3. Bilanz und Zukunft des Rhône-Ausbaues	195
4. Der Ausbau des "Grand Canal d'Alsace"	202
V. Die Wasserkräfte des Massif Central	209
1. Die Wasserkraftnutzung in den nördlichen und südlichen Randgebieten des Zentralmassivs	209
2. Der Ausbau der Dordogne und ihrer Nebenflüsse	218
VI. Der hydroelektrische Ausbau der französischen Pyrenäen-Flüsse	231
1. Die Wasserkraftwerke am Gave de Pau und am Adour mit ihren Nebenflüssen	234
2. Die Wasserkraftnutzung an Garonne, Ariège und an den Mittelmeer-Flüssen	240
VII. Das Gezeitenkraftwerk an der Rance	247
VIII. Besondere Fragen und Probleme hinsichtlich Beschaffenheit, Betrieb und Ausbau der französischen Wasserkräfte	256
1. Das Wasserkraftpotential unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte	256
2. Entwicklung und Stand des Ausbaus der Wasserkräfte	263
3. Der Kraftwerk- und Speicherbetrieb in Hinblick auf die hydrologischen Bedingungen	269
4. Planungen für den weiteren Wasserkraftausbau und dabei sichtbar werdende Tendenzen	280
<u>AUSBLICK</u>	287
Literatur- und Quellenverzeichnis	292

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

Gesellschaften und Organisationen; Namensbezeichnungen

C.D.F. = Charbonnages de France (Dachgesellschaft der verstaatlichten Kohlengruben)
C.F.M. = Chemins de Fer du Midi (heute S.N.C.F.)
C.N.E. = Caisse Nationale de l'Energie
C.N.R. = Compagnie Nationale du Rhône
E.D.F. = Electricité de France
G.D.F. = Gaz de France
M.-u.A.-Plan = Modernisierungs- und Ausrüstungsplan
P.L.M. = (Chemins de Fer) Paris-Lyon-Midi (heute S.N.C.F.)
S.N.C.F. = Société Nationale des Chemins de Fer Français
UNIPED = Union Internationale des Producteurs et des Distributeurs d'Electricité
UPEPO = Union des Producteurs d'Electricité des Pyrénées Occidentales

Abkürzungen in Tabellen und Zahlenübersichten

Hoch-Sp. (H-Sp.) = Hochspannung
Hydr.-Koeff. (Hydr. bzw. H.-K.) = Hydraulizitätskoeffizient
Inst.Lstg. oder nur I.L. = installierte Leistung (Generatoren)
MJAV oder nur JAV = mittleres Jahresarbeitsvermögen
Nied.-Sp. (N-Sp.) = Niederspannung
Prod. (Pr.) = Produktion
Proj. (Pr.) = Projekte
Sp. (in den Wasserkrafttabellen) = Speicher bzw. Speichervolumen
Sp.-K. (Sp.-Koeff.) = Speicherkoeffizient (Füllungsgrad)

Elektrische Maßeinheiten

kWh = Kilowattstunde; MWh = 1000 kWh; GWh = Mill.kWh;
TWh = Mrd.kWh
kW = Kilowatt; entsprechend MW, GW sowie kVA, MVA und GVA
V = Volt; kV = Kilovolt
Hz = Hertz (Schwingungen pro Sekunde)

E I N F Ü H R U N G

Frankreich hat einen beachtlichen Teil seiner Wasserkräfte ausgebaut und steht heute, zusammen mit Italien, mit seiner hydroelektrischen Erzeugung an erster Stelle in Europa.

Frankreich findet sich auf Grund natürlicher und geschaffener Bedingungen in der besonderen Lage, seinen Elektrizitätsbedarf zu gleichen Teilen durch Wasser- und Wärmekraft zu decken.

Frankreich hat unter den modernen Kulturstaaen industriell und damit auch hinsichtlich seines elektrischen Pro-Kopf-Verbrauches eine Mittelstellung eingenommen, aus der es mehr und mehr nach oben strebt und daher stark wachsende Anforderungen an seine in jeder Weise beschränkten Energiequellen stellen muß.

Frankreich ist darauf angewiesen, seiner Elektrizitätswirtschaft neue Energien zu erschließen, und hat in diesem Bestreben damit begonnen, als erste Nation eine neuartige Wasserkraft, die Gezeitenenergie, nutzbar zu machen.

Frankreich nimmt mit seinen Bemühungen auf dem Gebiet der Kernenergienutzung den ersten Platz auf dem westeuropäischen Kontinent ein und betreibt seit einigen Monaten ein Versuchskraftwerk auf atomenergetischer Basis.

Unter diesen Aspekten muß die besondere Lage der französischen Wasserkraftwirtschaft gesehen werden, die auf eine zehnjährige Periode starker Expansion zurückblickt und heute, am Vorabend des sogenannten 'Atomzeitalters', noch einmal vor einer Ausbaumwelle ähnlichen Ausmaßes steht, von der sich jedoch nur schwer sagen läßt, ob sie ihr Ende mit der Erschöpfung des gegenwärtig als wirtschaftlich ausbaufähig angesehenen Potentials finden wird oder infolge kernenergetischer Fortschritte vorzeitig abgebrochen werden muß.

Die mit dieser Arbeit gestellte Aufgabe besteht darin,

die Entwicklung der Wasserkraftwirtschaft im umfassenderen Rahmen der französischen Elektrizitätswirtschaft aufzuzeigen, wobei an so tiefgreifenden Maßnahmen, wie es Nationalisierung und Energiewirtschaftsplanung sind, und an deren Auswirkungen nicht vorübergegangen werden kann ;

einen Überblick über den gegenwärtigen Wasserkraftausbau nach hydro-geographischen Sektoren zu geben, wobei neben Fragen, die den energiewirtschaftlichen Rahmen sprengen, auch Wasserführungs- und Betriebsbedingungen zu untersuchen sind ;

darzulegen, welche Möglichkeiten und Aussichten für zukünftigen Ausbau bestehen, wobei allerdings Gesichtspunkte der Kernenergienutzung nur am Rande berührt werden können, da auf diesem Gebiet vorerst mehr Planungen als energiewirtschaftlich-praktische Erfahrungen vorliegen.

Die Arbeit war in der der Staatswirtschaftlichen Fakultät der Universität München vorgelegten Fassung im Herbst 1956 abgeschlossen worden. Da sich bis zu ihrer Veröffentlichung im Winter 1957/1958 neue Entwicklungen und Tendenzen abgezeichnet haben, wurde bei der Überarbeitung des Manuskriptes — und insbesondere der Zahlenangaben — dem zwischenzeitlich greifbar gewordenen Material Rechnung getragen, soweit der Charakter und die Form der Arbeit dies zuließen.

DIE ENTWICKLUNG DER WASSERKRAFTWIRTSCHAFT VON IHREN ERSTEN
ANFÄNGEN BIS ZU IHRER HEUTIGEN STELLUNG INNERHALB DER
FRANZÖSISCHEN ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT

Die Wasserkraft oder Gefälleenergie gehört neben den Luftströmungen zu den ältesten Naturkräften, die sich der Mensch für seine Zwecke nutzbar machte. Wasserräder sind seit Jahrtausenden bekannt. Trotzdem blieb, in physikalischen Einheiten gemessen, die Ausnutzung der so reichlich vorhandenen Wasserkräfte im Vergleich zur Wärmeverwendung sehr gering, da die Anwendungsmöglichkeiten für die gewonnene mechanische Energie noch ziemlich beschränkt waren. Eine gewisse Bedeutung erlangte die Wasserkraft, als gegen Beginn des Mittelalters mehr und mehr Sägewerke, Wassermühlen, Blasebälge und Hammerwerke durch Gefälleenergie angetrieben wurden. Unter Verwendung sogenannter 'Stangenkünste' kam es zu den ersten Energieübertragungen über wenige 100 m .

In Frankreich kann als bekanntes Beispiel in der Vorgeschichte moderner Wasserkraftnutzung die zur Zeit Ludwigs XIV. um 1680 entstandene 'Maschine von Marly' angegeben werden, die dazu bestimmt war, Wasser aus der Seine über einen Höhenunterschied von rund 120 m zu fördern, um die Versorgung der Wasserspiele im etwa 8 km entfernten Schloßpark von Versailles zu gewährleisten. 14 große Schaufelräder mit etwa 12 m Durchmesser wurden an einem flachen Wehr von der Seine getrieben und entwickelten eine Leistung von zusammen rund 80 PS. Da mit den seinerzeitigen technischen Mitteln, nämlich mit Holzrohren, die Überwindung von 12 Atmosphären in einem Zuge nicht möglich war, wurden drei Pumpstationen benutzt, von denen zwei über Stangen- oder Kabeltransmissionen betrieben wurden. Die 'Maschine' — zu jener Zeit eine technische Großtat — , die das Seine-Tal mit unbeschreiblichem Lärm erfüllt haben soll, tat ihren Dienst bis 1804. Nach 1850 wurde sie erneuert und modernisiert. In dieser Form arbeitet sie noch heute, dient jedoch der Förderung von Brauchwasser für die Stadt Versailles. ¹⁾

1) Besichtigung der Anlagen von Marly im Juli 1955 .

1. VON DER MECHANISCHEN NUTZUNG DER WASSERKRÄFTE ZUR
ERZEUGUNG UND VERWENDUNG HYDROELEKTRISCHER ENERGIE
(1850 - 1900)

Gegen 1850 begann eine Periode, die man als 'wasserkraftwirtschaftliche Revolution' bezeichnen könnte. Die Erfindungen von Fourneyron (1827), Jonval und Fontaine in Frankreich sowie von Francis (1849) und Pelton (1880) in Amerika führten zur Anwendung der ersten, noch heute in weiterentwickelter Form benutzten Turbinen, die den Weg zur modernen Wasserkraftwirtschaft mit großen Maschinenleistungen und hohem Wirkungsgrad bahnten. ¹⁾

Die neue Technik konnte sich nur langsam durchsetzen, und so dauerte es bis in die Zeit nach 1870, bis sie zur Erzeugung von Elektrizität Anwendung fand. Vorläufig sollten die Wasserkräfte noch auf herkömmliche Art rein mechanischen Antriebszwecken dienen, während zu der gerade aufgekommenen Elektrizitätserzeugung nur Dampfmaschinen eingesetzt wurden.

Die erste Ausnutzung eines größeren Gefälles wurde im Jahre 1863 bei Uriage in der Nähe von Grenoble unternommen. Nähere Angaben besitzen wir nur über eine Kraftstufe, die — neben der 'Maschine von Marly' — eines der seltsamsten Beispiele rein mechanischer Wasserkraftnutzung gewesen sein dürfte. Es handelt sich um die Umleitung der Rhône-Wasser bei Bellegarde (Ain), oberhalb des heutigen Großkraftwerkes Génissiat. Dort wurde 1871 von einer englischen Gesellschaft eine Leistung von rund 10.000 PS unter 15 m Gefälle ausgebaut. Große Arbeiten waren erforderlich gewesen, um die zu nutzende Abflußmenge durch einen 600 m langen Tunnel mit 48 m² Querschnitt umzuleiten. Durch gewaltige turbinenartige Schaufelräder wurden verzweigte Kabeltransmissionen getrieben, die die mechanische Energie an verschiedene Industrien im Umkreis von etwa 3 km weiterleiteten. Es ist anzunehmen

1) Der vorliegende Abschnitt ist weitgehend an L. Babonneau, L'énergie électrique en France, Paris 1948, S. 10 ff. angelehnt; außerdem an: M. Haegelen, Développement de la production d'énergie électrique dans les Alpes françaises, "Sonderheft 1935" S. 5-13, und "L'énergie électrique en France" (Documentation Française), Paris 1951.

daß der hydraulisch-mechanische Wirkungsgrad der ganzen Erzeugungs- und Transportanlage kaum über 10 % gelegen hat.

In den Alpen der Dauphiné begann zur gleichen Zeit eine Entwicklung, die im Verlauf von rund 20 Jahren zur neuzeitlichen Nutzung der weißen Kohle führen sollte. Ausgangspunkt war das 1857 errichtete Säge- und Zellstoffwerk von A. Matussière in Domène, östlich von Grenoble, das ursprünglich mit 10 m Fallhöhe arbeitete, die dann 1861 auf 35 m vergrößert wurde. Im Jahre 1867 begann der Ausbau einer Kraftstufe von 147 m bei Brignoud, die Matussière 1871 zusammen mit dem Ingenieur Fredet vollendete. In diesen Anlagen kamen die inzwischen entwickelten Wasserkraftturbinen erstmalig zur praktischen Anwendung.

Ein anderer Ingenieur, Aristide Bergès, hatte die Werke von Matussière gesehen. Er erkannte sofort die zukünftige Bedeutung der neuen Energiequelle und machte sich an die Arbeit. Schon 1869 gelang es ihm, bei Lancey ein Gefälle von 200 m auszubauen. Auch er nutzte kleine Gebirgsbäche aus, die von der Belledonne-Kette in sehr kurzem und steilem Lauf der Isère zufließen.

Gleichzeitig waren, fußend auf den wissenschaftlichen Arbeiten von Gramme, Thomson und Edison, die Dynamomaschinen bekannt geworden, die jedoch zuerst für den Antrieb durch die schon lang eingeführte Dampfmaschine vorgesehen waren. Als Bergès sich auch mit dieser neuen Technik vertraut gemacht hatte, paßte er seine schon bestehenden Anlagen der Erzeugung elektrischen Stromes an. Damit war es ihm gelungen, 'Wasserkräfte' unmittelbar in veredelte elektrische Energie umzuwandeln. Dieser "Hauptapostel der weißen Kohle" ¹⁾ war mit dem Erreichten jedoch nicht zufrieden, und so zog er mehrere in etwa 2000 m Höhe gelegene Bergseen, Lac de Belledonne, Lac de Crozet und Lac Blanc, durch Stauwerke in das Wasserkraftsystem mit herein und brachte die Fallhöhe in seinem Werk trotz aller Einwände und Kritiken der Zeitgenossen bis auf 500 m .

Auf Grund dieser großen Erfolge wird heute in Frankreich Aristide Bergès als Vater der weißen Kohle angesehen, während

1) L. Babonneau, op.cit. S. 11

die Pioniertaten seines Vorgängers und Anregers Matussière etwas in Vergessenheit geraten sind.

Die erste Konzession für den Bau eines Wasserkraftwerkes zur öffentlichen Versorgung ¹⁾ wurde 1882 an einen gewissen Louis Dumont vergeben. Er schuf durch eine Staumauer an der Valserine, oberhalb von Bellegarde, eine Kraftstufe von 30 m und ließ drei Gleichstrom-Maschinensätze mit zusammen 900 PS laufen. Die elektrische Energie verteilte er in den umliegenden Gemeinden Bellegarde, Vauchy und Coupy mit einer Spannung von 140 oder 280 Volt. Nach Bellegarde führten die Gemeinden Valréas und Dieulefit (Drôme) noch im Jahre 1884, La Roche-sur-Foron (Haute-Savoie) und Modane (Savoie) 1885 die elektrische Beleuchtung ein. Schon bald wurden, ebenfalls in den Alpen, die ersten Versuche mit elektrischer Zugförderung vorgenommen. 1888 entstand in Hochsavoyen eine 6 km lange elektrische Zahnradbahn.

Wie wir uns die Stromversorgung zu jener Zeit vorzustellen haben, soll anhand des Beispiels von La Roche gezeigt werden. ²⁾ Das Kraftwerk leistete rund 50 PS und versorgte Abnehmer in einem Umkreis von 2 km unter einer Spannung von 105 Volt. Ungefähr 300 Lampen waren in Betrieb. Bezahlt wurde auf Basis einer geschätzten Stundenzahl im Monat. Die normale Lichtstärke betrug 8 Kerzen; 16 Kerzen galten als Luxus und waren nur für Cafés oder Läden bestimmt. — Das elektrische Licht machte Schule: Culoz wurde 1890 'elektrifiziert', Seyssel 1891; weitere Orte folgten.

Auch in anderen Gebieten hielt die Hydroelektrizität ihren Einzug. Wenn die Pyrenäen selbst auch in unmittelbarer Nähe kein stark bevölkertes und industrielles Hinterland besaßen, so war es Toulouse, das im Süden Frankreichs beispielhaft voranging. Ein Dynamo mit 200 PS wurde 1888 in Betrieb genommen; 72 Abonnenten waren an diese Stromversorgung angeschlossen. Im gleichen Jahre noch führten Perpignan und andere Städte dieses Gebietes

1) Vgl. hierzu die späteren Ausführungen über die Elektrizitätsgesetzgebung. Das erste öffentliche Elektrizitätsversorgungsunternehmen in Bayern war das 1889/90 in Berchtesgaden errichtete 60 kW-Wasserkraftwerk des Hofbildhauers Stefan Zechmeister (Elektrizitätsversorgung in Bayern, "Bayerland"-Sonderheft Juni 1955, S. 42).

2) L. Babonneau, op.cit. S. 12

die elektrische Beleuchtung ein. 1892 entstand die erste ländliche Elektrizitätsversorgung in den Ost-Pyrenäen in Saint-Paul-de-Fenouillet. Dort kam es dann 1896 bis 1898 durch Zusammenlegung mehrerer Konzessionen zum Entstehen der ersten Elektrizitätsverteilungsgesellschaft, der 'Société Roussillonnaise d'Electricité'.

Es waren jedoch immer nur einzelne Orte oder Gebiete, die schon so früh in den Genuß der Elektrizitätsversorgung kamen. Man war von günstig ausbaufähigen Wasserkraften oder von der Initiative eines interessierten Konzessionärs abhängig. Haupthindernis einer wirtschaftlichen Elektrizitätsversorgung auf breiter Basis waren technische Gründe. Es ermangelte der Methoden, die neue Energieform über den nächsten Umkreis eines Kraftwerkes hinaus zu verteilen; denn unter Verwendung der üblichen Versorgungsleitungen waren die Energieverluste bei weitergehendem Transport zu groß.

Auf dem Gebiet der Stromübertragung war es der Franzose Marcel Desprez, der entscheidende Pionierarbeit leistete und auf Anregung Oskar von Millers schließlich im Jahre 1882 die erste Kraftübertragung über eine Entfernung von 57 km (Miesbach - München) durchführte ¹⁾. Er benutzte dazu die vorhandenen Telegraphendrähte. Dementsprechend betrugen die Leitungsverluste trotz der geringen Leistung von nur $1/4$ PS mehr als zwei Drittel der erzeugten Energie. Nach Versuchen von wenigen Tagen brach die Stromerzeugungsanlage wegen Überlastung zusammen.

In drei weiteren öffentlichen Versuchen steigerte Desprez systematisch die Übertragungsleistung und verbesserte jedes Mal die angewandten Methoden. Nach einer im Auftrag der 'Chemins de Fer du Nord' durchgeführten Kraftübertragung, bei der eine Leistung von 2 PS mit einem Wirkungsgrad von 37 % erreicht wurde, folgte 1883 zwischen Vizille und Grenoble (14 km) der erste Versuch für industrielle Zwecke ²⁾. Bei einer Leistung von 7 PS und einer Spannung von 3000 Volt betrug der elektrische Wirkungsgrad 62 %. Dieses Ergebnis konnte Desprez noch 1885 zwischen Paris und Creil (56 km) überbieten; bei einer Spannung von 5700 Volt

1) A. Churchod, Marcel Desprez et les origines de l'électrotechnique, R.G.E. 1935, S. 856

2) M. Haegelen, op.cit. S. 5

stieg der elektrische Wirkungsgrad auf nahezu 80 % .

Der Ingenieur Hérault setzte diese Versuche später fort und schuf so die Grundlagen für die industrielle Anwendung der Elektrizität, vor allem in dem inzwischen erfundenen elektrischen Schmelzofen. In diesen Arbeiten dürfen wir den Keim einer Entwicklung sehen, die innerhalb der folgenden Generation zum bevorzugten Ausbau der Alpen-Wasserkräfte und der damit verbundenen Elektrometallurgie und -chemie führen sollte.

Es lag noch an weiteren technischen Schwierigkeiten, wenn in der Praxis vorerst kaum Übertragungen elektrischer Energie auf größere Entfernungen vorgenommen werden konnten und daher die allgemeine Elektrifizierung nur langsam vorschritt. Die übliche Verwendung von Gleichstrom verhinderte die Kombination von Hochspannungsstromtransport und niedergespanntem Elektrizitätsverbrauch. Hier zeichnete sich eine Wandlung der Verhältnisse erst um die Jahrhundertwende ab, als die Benutzung von Wechselstrom mit den damit gegebenen Transformierungsmöglichkeiten häufiger wurde.

So wurde erst 1897 bei Lancey (Dauphiné) die erste einphasige Wechselstromübertragung mit einer Spannung von 11.000 Volt vom 'Vater der weißen Kohle', Aristide Bergès, vorgenommen. 1898 folgte eine 15.000 Volt-Drehstromübertragung zwischen Ugine und Voiron (etwa 100 km), und im folgenden Jahr konnten im Wasserkraftwerk Champ-sur-Drac dreiphasige BBC-Generatoren mit einer Spannung von 3000 Volt installiert werden. 1)

Es hatte also bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts gedauert, bis neben den schon in der Praxis bewährten Erzeugungs- und Verbrauchsmöglichkeiten für elektrische Energie auch auf dem Gebiet der Übertragungstechnik die Verfahren entwickelt worden waren, die eine schnelle und sich laufend steigernde Ausdehnung der Elektrizitätsversorgung ermöglichten.

Diese erste Entwicklungsperiode vor der Jahrhundertwende muß

1) L. Babonneau, op.cit. S. 12

als eine Anlauf- und Erprobungszeit gewertet werden, in der jeder Elektrizitätsunternehmer das ihm geeignet erscheinende System benutzte und weiterentwickelte, technisch und wirtschaftlich unabhängig von eventuellen Konkurrenten, die, vielleicht nur wenige Kilometer entfernt, andere Spannungen und Tarifsysteme anwendeten.

Eine Elektrizitätswirtschaft im heutigen Sinne bestand noch nicht. Die Elektrizitätsversorgung trug in vieler Hinsicht den Charakter einer frühgeschichtlichen Hauswirtschaft; es wurde nur für den eigenen Verbrauch von Gemeinde oder Stadt mit nächster Umgebung erzeugt. Eventuelle Überschüsse 'verdarben', und ein plötzlicher Überbedarf konnte kurzfristig nicht gedeckt werden.

Wenn auch Zahlenangaben zusammenfassender Art aus der Zeit vor der Jahrhundertwende nicht vorliegen ¹⁾, so läßt sich immerhin feststellen, daß — von einigen Großstädten, insbesondere Paris, abgesehen — die Elektrifizierung in den Alpen schon am weitesten vorangeschritten war. Dies ist nicht zuletzt auf die Pionierleistungen von Männern wie Matussière, Bergès, Desprez und darüber hinaus auf die überaus günstigen natürlichen Gegebenheiten zurückzuführen, wie sie im Zusammenhang mit dem damaligen Stand der Technik beispielsweise im französischen Zentralmassiv nicht anzutreffen waren. Den Pyrenäen gegenüber waren die Alpen dadurch im Vorteil, daß sie von gut bevölkerten und reichen Provinzen (Rhône- und Isère-Tal, Dauphiné) umgeben waren. Die Industrien, die dort schon lange heimisch waren, entwickelten sich zu Kunden der im Entstehen begriffenen Elektrizitätsunternehmen

1) Nach geschätzten Angaben, die die 'Electricité de France' in ihrer Statistik für das Jahr 1950 bringt, muß die Jahresproduktion aller französischen Kraftwerke vor dem Jahre 1900 unter 300 GWh gelegen haben, was der Erzeugung eines derzeitigen mittleren Wasserkraftwerkes (z.B. Aussois/Arc) in den französischen Alpen entspricht.

II. DIE ENTSTEHENDE ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT ALS AUSSICHTSREICHES BETÄTIGUNGSFELD PRIVATER INITIATIVE UND ERFINDERGABE (1900 - 1920)

Wir haben gesehen, daß das französische Alpengebiet die Heimat der weißen Kohle geworden war und auf Grund der besonderen natürlichen und zivilisatorischen Bedingungen einen erheblichen Vorsprung gegenüber den übrigen Wasserkraftgebieten Frankreichs bis an die Schwelle unseres Jahrhunderts behalten konnte. Dieser Vorsprung, der sich vorübergehend mehr oder weniger zu verringern schien, wurde jedoch, wie sich später zeigte, auch in den folgenden Jahrzehnten, die durch Strukturwandlungen größten Ausmaßes gekennzeichnet waren, im großen und ganzen aufrecht erhalten.

Für die ersten Jahre nach 1900 schätzt Chevrier ¹⁾ das mittlere Jahresarbeitsvermögen der Alpen-Wasserkraftwerke auf etwa 800 GWh; die tatsächlich genutzte Erzeugung muß jedoch ganz wesentlich unter diesem Wert gelegen haben, da der gesamte französische Stromverbrauch erst im Jahre 1905 die 500 GWh-Grenze leicht überschritt. In den Alpen wurden 80 % der Energie vom jeweiligen Erzeuger verbraucht und der Rest für Beleuchtung und als Kraftstrom abgegeben. Mehr als die Hälfte der verteilten elektrischen Arbeit wurde durch das erste große Niederdruckwerk Cusset-Villeurbanne an der Rhône geliefert, das unter einer Fallhöhe von 8 - 12 m 12 MW leistete. Es war schon 1898 für die städtische Versorgung von Lyon gebaut worden. Diese Anlage arbeitete zusammen mit einem Wärmekraftwerk. Man darf hier wohl die Anfänge einer ersten und primitiven Verbundwirtschaft suchen.

Die Kraftwerke, die in den Alpentälern die elektrometallurgischen und -chemischen Werke versorgten, nutzten schon Gefälle bis zu 600 m und wiesen Leistungen bis zu 10 MW auf, ohne jedoch über Speicherreserven zu verfügen. Es fehlte also auch von dieser Seite her jede Möglichkeit, die Erzeugung den Verbrauchsanfor-

1) Chevrier/Ferry, The French Hydro-Electric Industry, Water Power 1951; Auszug: C.P.-UNIPEDE 1/1952, S. 22 - 27

rungen entsprechend zu gestalten, woraus das schon erwähnte Missverhältnis zwischen den Produktionsmöglichkeiten und der effektiv genutzten Energiemenge zu erklären ist.

Gerade die Industrien mußten sich, beispielsweise durch entsprechende Arbeitszeiten, den Veränderungen der Wasserdarbietung anpassen; ein Tatbestand, der allein dadurch gemildert wurde, daß die meisten Kraftwerke den Gebirgsflüssen nur einen kleinen Teil ihres normalen Abflusses als Triebwassermenge entnahmen, um auf diese Weise eine hohe Benutzungsstundenzahl der eingebauten Maschinensätze zu sichern. Diese Ausbaumethode, die bei den damaligen, noch reichlich vorhandenen und hochwertigen Gefällestufen verständlich und, wirtschaftlich gesehen, wohl die einzig mögliche war, sollte erhebliche Auswirkungen zum Nachteil der zukünftigen Entwicklung haben. Dasselbe gilt sinngemäß für die Unbekümmertheit, mit der die einzelnen Unternehmer ihre Kraftwerke nach Gutdünken oder einzelwirtschaftlichen Gesichtspunkten in die Flußtäler bauten, ohne die Folgen, die sich dadurch für einen späteren Weiter- und Gesamtausbau ergeben mußten, zu berücksichtigen.

Die ersten bedeutenden Werke in den Alpen waren am Arc und an der Romanche entstanden. Weitere Kraftstufen wurden bis zum Ausbruch des Weltkrieges an den folgenden Flüssen gebaut: Drac, Durance, Loup, Siagne, Fier, Giffre und vor allem Arve und Bonnant. Bis auf zwei wichtige Ausnahmen dienten sie durchweg der Versorgung der neuen stromintensiven Industrien: die Werke La Châtelaine und Les Chavants an der Arve deckten den Strombedarf der elektrischen Bahn St-Gervais - Chamonix. Auch mit dem Ausbau des Doron de Beaufort ¹⁾ wurde zu jener Zeit begonnen.

Im Gebiet der Pyrenäen hatte man sich zuerst mehr für den östlichen Teil interessiert, und so entstanden ab 1900 die ersten 'größeren' Werke an der Aude, darunter im Jahre 1900 die Anlage St-Georges, deren Leistung bei etwa 2500 kW lag. Weitere Werke benutzten die Têt und den Oberlauf der Ariège als Energiequelle.

Die Entwicklung wurde in dieser Gegend durch die 'Compagnie des Chemins de Fer du Midi' (C.F.M.), die die Elektrifizierung

1) Vgl. hierzu die Angaben unter II/1 im 'Speziellen Teil'.

ihres Streckennetzes seit 1910 systematisch vorantrieb, sehr gefördert. Diese Gesellschaft unternahm den Bau mehrerer Werke in den Hoch-Pyrenäen und besaß 1914 etwa ein Viertel der möglichen Jahresproduktion der Pyrenäen-Kraftwerke, die mit rund 600 GWh veranschlagt worden ist 1).

Im Zentralmassiv waren in der ersten Zeit, nach 1895, nur einige Dampfkraftwerke errichtet worden, die auf die Kohlevorkommen im Süden und Südosten (Carmaux, Bessèges) gegründet waren. Bis zum Beginn des Weltkrieges folgte dann der Ausbau von Wasserkraften, der durch die Errichtung zahlreicher verstreuter Anlagen geringer Leistung gekennzeichnet war 2). So stand das Zentralmassiv in der Nutzung seiner Wasserkräfte erheblich hinter den anderen Gebieten zurück; seine jährliche Erzeugung betrug im Jahre 1914 nur etwa 300 GWh.

Mit dem nun allenthalben vorangehenden Ausbau der Erzeugungsanlagen ergab sich die nötige Erweiterung der Verteilungsnetze auf örtlicher und regionaler Ebene, sowohl hinsichtlich ihrer Längen als auch der zur Anwendung kommenden Betriebsspannungen. Freileitungen bis zu 100 km Länge wurden immer häufiger, und noch vor dem Weltkrieg begannen sich die ersten verbundwirtschaftlichen Bestrebungen abzuzeichnen.

Im Pyrenäen-Gebiet hatte schon im Jahre 1901 Joachim Estrade die Städte Carcassonne und Narbonne durch eine 100 km lange Fernleitung miteinander verbunden, die mit der bis dahin noch nicht benutzten Spannung von 20 kV arbeitete. 1910 setzte dann die 'Société Pyrénéenne d'Energie Electrique' in demselben Gebiet eine 55 kV-Leitung in Betrieb, die das Kraftwerk Orlu an der Ariège mit Toulouse und dem Industriezentrum am Tarn verband. 3)

In den Alpen entstand nach 1902 eine ausgesprochene Hochspannungstransportleitung nach dem Gleichstromsystem Thury, um die Energie der Kraftwerke bei Moutiers an der oberen Isère an das Lyoner Versorgungsnetz abzugeben. Dieser Leitungsstrang,

1) Chevrier/Ferry, op.cit. S. 23

2) L'énergie électrique en France, op.cit. S. 50

3) L. Babonneau, op.cit. S. 12

der eine Länge von etwa 200 km hatte, wurde bis 1936 in der erwähnten Art betrieben. 1)

1910 wurde schließlich eine erste größere Übertragung mit Dreiphasen-Wechselstrom zwischen Grenoble und dem Industriegebiet von St-Chamond und St-Etienne in Betrieb genommen. Diese Leitung, die eine Spannung von 60 kV benutzte, stellte die erste Verbindung zwischen zwei hydrologisch deutlich verschiedenartigen Wasserkraftgebieten dar und hatte daher, im Gegensatz zu den vorher genannten 'Transport'-Leitungen, schon eher die Funktion einer Austauschschiene.

In wirtschaftlicher Hinsicht wies die Stromversorgung nach 1900 einige recht charakteristische Züge auf. Es entstanden größere Produktions- und Verteilungsgesellschaften, deren Versorgungsnetze sich in einigen Gebieten stark ausdehnen konnten und die Grundlage für eine gesunde technische Entwicklung abgaben. Sie trugen aber auch den Keim der späteren Konzentrationsbewegung in der Elektrizitätswirtschaft in sich. Als Konkurrenten dieser Gesellschaften traten kleine Konzessionäre auf, die gleichzeitig Erzeuger und Verteiler waren und nur geringe Gefälle mit Leistungen zwischen 50 und 200 kW ausbauten. Hinzu kamen Industrieunternehmen und Einzelfabrikanten, die ihre Werke für den Eigenbedarf errichtet hatten und ihre Stromüberschüsse im näheren Umkreis absetzten.

Verschiedene Faktoren waren es, die die Verbreitung dieser lokalen Betriebsformen begünstigten und deren Bestand auf lange Zeit sichern konnten. Da besondere staatliche Regelungen hinsichtlich der Wasserkraftnutzung 2) noch nicht wirksam waren, bauten die Unternehmer und Konzessionäre in der Regel nur dort, wo sie die damals noch reichlich vorhandenen höchstrentablen Wasserkräfte vorfanden, und beschränkten sich oft auf eine im Verhältnis zur durchschnittlichen Wasserführung sehr niedrige Ausbauleistung ihrer Kraftwerke. Sie hatten daher ohne kostspielige Speicheranlagen eine während des ganzen Jahres gesicherte und fast gleichmäßige Stromerzeugung.

1) Chevrler/Ferry, op.cit. S. 23

2) Vgl. hierzu die Ausführungen unter III/1 und III/2 .

Für die Unternehmer, deren Kraftwerke sich im allgemeinen schon im Verbund mit ihrer industriellen Fabrikation (Chemie, Metall, Papier, Zellstoff) trugen, bedeutete die Abgabe der Stromüberschüsse oft eine mit nur geringen Mehraufwendungen verbundene zusätzliche und möglicherweise von vornherein gar nicht erwartete Einnahme. Hinzu kam, daß die Kapitalrentabilität bei allen längerfristigen Anlagen durch die schon in Gang befindliche Geldentwertung erhöht wurde.

Welches Ausmaß die im vorhergehenden angedeutete Entwicklung nach der Jahrhundertwende angenommen hatte und welches Mosaik von Konzessionen, autonomen Tarifen und Spannungen sowie Stromarten dabei entstanden war, kann man sich heute angesichts der in den meisten Ländern erreichten Vereinheitlichung der Versorgungsbedingungen nur noch schwer vorstellen. Um die damaligen Zustände mit Zahlen zu belegen und damit gleichzeitig die Struktur der Versorgung aufzuzeigen, seien im folgenden einige der Angaben wiedergegeben, die J.-A. Montpellier in seiner umfangreichen Übersicht über die Elektrizitätsverteilung bringt. ¹

Danach gab es am 1. Januar 1907 in Frankreich 1413 Elektrizitätswerke, die öffentliche Wege für die Verlegung ihrer Leitungen benutzten und elektrische Energie an Einzelabnehmer als Kraftstrom oder für Beleuchtungszwecke abgaben. Versorgt wurden 2912 Orte ²). Von den 87 Departements wurden in nur 4 mehr als 100 Orte versorgt, wie die folgende Aufstellung zeigt.

Aude	16 Werke	176 Orte
Isère (Dauphiné)	56 "	166 "
Doubs	23 "	103 "
Hérault	14 "	100 "

Es erscheint bemerkenswert, daß das Departement Aude bei nur 16, jedoch relativ großen Kraftwerken der Anzahl der Orte nach absolut an der Spitze steht, was sicher mit der in diesem Gebiet frühzeitig eintretenden Tendenz zur Konzentration zusammenhängt.

Die 12 Departements, die zwischen 50 und 100 elektrifizierte

-
- 1) J.-A. Montpellier, Les distributions publiques d'énergie électrique en France, Paris 1908, S. V u. VI
 - 2) In der Gas-Wirtschaft belieferten zur selben Zeit 824 Werke 1209 Orte.

Orte aufweisen, sind: Basses-Pyrénées (89 Orte), Jura, Pyrénées-Orientales, Aisne, Var, Ain, Puy-de-Dôme, Haute-Savoie, Alpes-Maritimes, Drôme, Loire und Nord (50 Orte). Weiter 54 Departements besitzen je zwischen 10 und 50, und 17 Departements nur weniger als 10 versorgte Orte.

Sicherlich lassen sich aus diesen Zahlen keine eindeutigen Schlüsse ziehen, da die Regierungsbezirke nach Fläche, Einwohnerzahl, Siedlungsformen und wirtschaftlicher Struktur zu verschiedenartig sind. Dennoch soll festgehalten werden, daß schon in allen Departements Anfänge einer Elektrizitätsversorgung bestanden, daß bei dem benutzten Kriterium das nordöstliche Pyrenäen-Vorland weitaus an der Spitze lag, und daß erst an sechzehnter Stelle ein zwar kleines Departement stand, das ausschließlich auf thermische Energie angewiesen war.

Die eigentlich technische Zersplitterung der französischen Stromversorgung, die eher den Eindruck eines gewaltigen technischen Experimentierfeldes als den einer Einrichtung wirtschaftlicher Bedarfsdeckung entstehen läßt, geht aus der folgenden Darstellung der 1907 angewandten Stromarten hervor: 1)

<u>STROMART</u>	<u>ANZAHL DER WERKE</u>
nur Gleichstrom	942
einphasiger Wechselstrom	157
zweiphasiger Wechselstrom	20
dreiphasiger Wechselstrom	256
Gleichstrom und einphasiger Wechselstrom	14
Gleichstrom und dreiphasiger Wechselstrom	16
einphasiger und dreiphasiger Wechselstrom	5
übrige	3
insgesamt	1413

Die Gleichstromversorgung war vorherrschend; auffallen muß die Seltenheit der Kombination 'einphasiger/dreiphasiger Wechselstrom', die damals noch in den Kinderschuhen steckte.

- 1) Die zusätzliche Angabe der verschiedenen Spannungen würde die Vielfalt unübersehbar machen.

Den weiteren von Montpellier gebrachten Angaben soll nur entnommen werden, daß 831 Anlagen ausschließlich auf der Wasserkraftnutzung basierten, 169 Werke zusätzlich Dampfmaschinen oder Verbrennungsmotore besaßen und 413 Anlagen ohne Wasserkraft arbeiteten.

Angesichts der Tatsache, daß mehr als die Hälfte aller Werke ihre Stromerzeugung auf Wasserkraft gründeten, soll als Ausgangspunkt für die weiteren Untersuchungen angenommen werden, daß ab 1900 Hydraulik und Thermik zu etwa gleichen Teilen zur Stromdarbietung beitrugen. Bei dieser Schätzung wird berücksichtigt, daß Montpellier nur die der öffentlichen Versorgung dienenden Werke anführt, quantitative Daten nicht vorliegen und laufend Wandlungen eingetreten sind.

Die Zeit des ersten Weltkrieges regte vor allem den weiteren Ausbau der Wasserkraftwerke an. Der Strombedarf stieg erheblich infolge der Produktionsausdehnung der Elektrometallurgie, der Chemie und besonders der strategisch wichtigen Stickstoffwerke. Andererseits herrschte seit der Besetzung der hauptsächlichen Kohlegebiete ein akuter Brennstoffmangel, der die thermischen Werke hart traf. So ist es zu verstehen, daß der französische Gesamtstromverbrauch, der 1914 schon die 2 TWh-Grenze überschritten hatte, im folgenden Jahr noch einmal darunter sank, um erst 1916 wieder das Ergebnis von 1914 (2,15 TWh) zu erreichen.

Es entstanden in den Alpen, vor allem für die Zwecke der Stickstofferzeugung, unter anderen die Werke Fond-de-France, Tencin und La Bourne; in den Pyrenäen die Anlagen von Bordères, Loudenvielle, Saint-Lary und Beyrède. ¹⁾

Die verhältnismäßig langen Bauzeiten der Wasserkraftwerke wie auch der mangelnde Verbundbetrieb brachten es mit sich, daß die Stromknappheit in vielen Gebieten bis in die Nachkriegszeit andauerte und ein großer Teil der unternommenen Bauvorhaben erst gegen 1920 oder sogar noch später beendet werden konnte .

Welche Arbeitskapazitäten bei Kriegsende vorhanden waren, zeigt die folgende, sich auf das Jahr 1918 beziehende

1) L. Babonneau, op.cit. S. 14

Übersicht:1)

	Jährliches Regelarbeitsvermögen in GWh :				
	Alpen	Pyrenäen	Zentr.-Mass.	Übrige	Gesamt
Selbstverbraucher	1700	550	50	-	2300
Verteiler	1000	250	250	150	1700
Insgesamt	2700	800	350	150	4000

Die abgenommene Energie betrug jedoch nur etwa 2,5 TWh, wobei der weitaus größte Teil der ungenutzten Erzeugungsmöglichkeiten dem Gebiet der Alpen zugerechnet werden muß.

Der gesamte französische Elektrizitätsverbrauch erreichte 1920 rund 3 TWh, gegenüber 1 TWh im Jahre 1910 und etwa 0,3 TWh in 1900, was einem dezennalen Wachstumskoeffizienten von mehr als 3 entspricht.

Es darf nicht übersehen werden, daß bis gegen Ende dieser Aufschwungsperiode keine wesentlichen Maßnahmen erfolgt waren, um die schon recht bedeutende Produktion zu organisieren und zu koordinieren. Technische und wirtschaftliche Verschiedenartigkeit bildeten noch immer die Regel. Abgesehen von den kleinen Hilfsmaschinen einiger Wasserkraftwerke hatten auch jetzt die thermische und die hydraulische Stromerzeugung kaum Berührungspunkte. Eine Verbundwirtschaft im modernen Sinn bestand noch nicht.

Zusammenfassend läßt sich die Entwicklung dieser ersten zwanzigjährigen Periode starker Expansion in der Elektrizitätswirtschaft durch die naheliegende Formulierung kennzeichnen, daß die waltenden Mächte, nämlich freier Wettbewerb und technischer Fortschritt, zwar unbeschränkt wirken, gestaltende Kräfte sich hingegen noch nicht in notwendigem Ausmaße durchsetzen konnten.

1) Chevrier/Perry, op.cit. S. 23

III. ENTWICKLUNG UND KONZENTRATION IN DER ELEKTRIZITÄTS-
WIRTSCHAFT ZWISCHEN DEN BEIDEN WELTKRIEGEN
(1920 - 1938)

Es wurde schon im vorhergehenden Abschnitt erwähnt, daß der Bau zahlreicher Wasserkraftwerke, der in Hinblick auf den Rü-stungsbedarf begonnen worden war, erst in den Jahren nach 1919 vollendet wurde. Ihre Fertigstellung war schließlich dadurch weiter verzögert worden, daß 1919 und 1920 im Zuge der allge-meinen Anpassung und Umstellung der Industrieerzeugung auf den Friedensbedarf gebietsweise Überkapazitäten bestanden und sich die Steigerung des im ganzen immer noch standortgebundenen Ab-satzes an hydroelektrischer Energie nur langsam fortsetzte.

In diesem Stadium waren es verschiedene Umstände, die eine Wiederaufnahme der Aktivität begünstigten und den gewaltigen Aufschwung während der zwanziger Jahre bestimmten: die Produk-tions- und Transportgesetzgebung der Jahre 1919 und 1922, das Vordringen des Verbunddenkens, die Elektrifizierungsarbeiten der 'Chemins de Fer du Midi', die Förderung der ländlichen Elektrizitätsversorgung und die Bildung energiewirtschaftlicher Zusammenschlüsse auf breiterer Basis. 1)

- 1) Die Ausführungen dieses Kapitels stützen sich wesentlich auf das Studium folgender Quellen:

L. Babonneau u. M. Haegelen, op.cit.

L'énergie électrique en France, op.cit.

E. Génissieu, L'influence du tarif sur la consommation, la recette et le bénéfice dans la distribution de l'énergie électrique, R.G.E. 1934, S. 529-549 u. 559-583

Derselbe: Le réseau français d'interconnexion et de transport, "Sonderheft 1935", S. 25-32

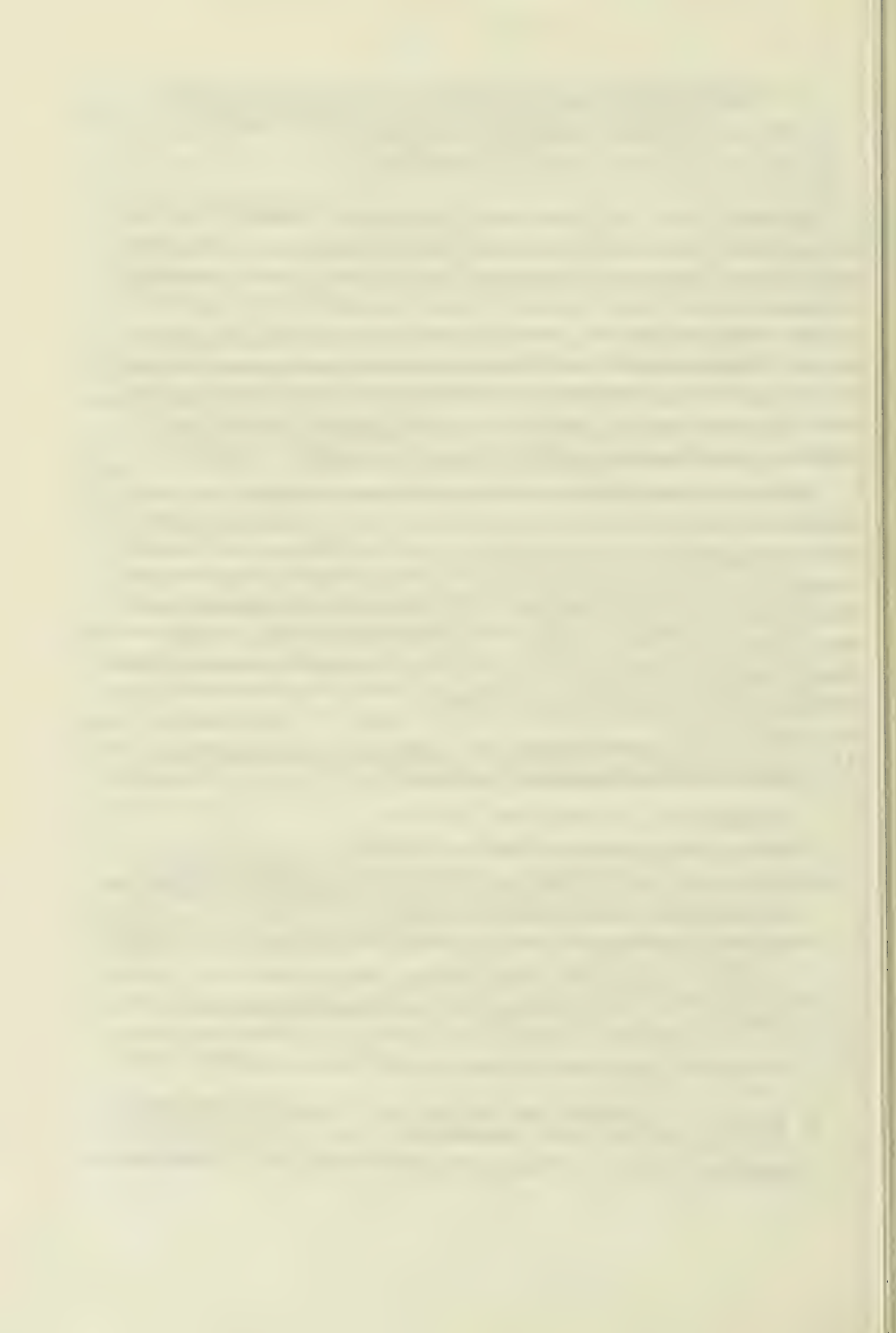
R. Girard, Denkschrift a.a.O., Paris 1934

R. Kaestlin, Die französische Elektrizitätswirtschaft, Elektrizitätsverwertung, April 1942, S. 10-16

J. Mathivet, L'électrification de la France, Le Génie Civil 1930, S. 173-176

E. Mercier, Considérations sur une politique de l'énergie, Vortrag vom Mai 1935, Manuskript

"Sonderheft 1935" u. "Sonderheft 1939" (vgl. Lit.-Verzeichnis)



1. Die gesetzlichen, technischen und wirtschaftlichen Grundlagen der Wasserkraft- und Verbundwirtschaft

Entscheidende Bedeutung hatte eine Maßnahme, die endlich geordnete Verhältnisse beim Ausbau der Wasserkräfte herstellen sollte und als mittelbare und unmittelbare Grundlage für die Entwicklung bis in die Zeit nach dem letzten Krieg angesehen werden muß. ¹⁾ Es ist das Gesetz vom 16. Oktober 1919, das sogenannte 'Statut de la Production', das den wehr- und gesamtwirtschaftlichen Überlegungen entsprungen ist, die sich aus der Kriegssituation ergeben hatten. Seine Leitidee war, daß die Wasserkräfte, vor allem des herrschenden Energiemangels wegen, ein nationales Gut darstellen, dessen optimale Nutzung zum Besten des Volkes zu betreiben sei und nicht an der Verfolgung von Einzelinteressen scheitern dürfe.

Bis zu diesem Zeitpunkt war die hydraulische Stromerzeugung nur allgemeinen Vorschriften gemeinderechtlicher, polizeilicher und wasserrechtlicher Art unterworfen gewesen, die sich vor allem auf Gefährdung und Störung der Öffentlichkeit sowie auf die Verunreinigung von Wasserläufen bezogen (Bestimmungen u. a. von 1898). Daher rührten gewisse Anarchiezustände, die hauptsächlich in den oft hartnäckigen Fehden zwischen Flußanliegern und Kraftwerksunternehmern zum Ausdruck kamen und sich nachteilig auf den planmäßigen Ausbau ganzer Flußläufe auswirkten.

Das Gesetz von 1919 sah die Einführung der Verleihung (concession) und der Ermächtigung (autorisation) vor ²⁾. Die letztere war für Kraftwerkneubauten einzuholen, die eine Leistung bis 500 kW aufwiesen, beziehungsweise 150 kW, wenn hauptsächlich Strom für die öffentliche Versorgung abgegeben werden sollte. Die Verwaltungsmaßnahme der Konzession, die für alle übrigen Fälle als verbindlich erklärt wurde, war um einiges schwerfälliger und setzte eine Reihe von Pflichten und Rechten des Konzessionsnehmers fest, die im Lastenheft im einzelnen niedergelegt wurden.

1) Vgl. hierzu R. Girard, L'énergie électrique en France, Parlamentsdenkschrift, Paris 1934

2) Derselbe, op.cit. S. 76 ff.

Die Lasten des Konzessionärs enthielten u. a. die Verpflichtung, Energie an die Öffentlichkeit zu liefern, die Bereithaltung von Kraftwerksleistung für Öffentliche Dienste sowie für die lokalen Verbraucher, den Heimfall der Konzession (und damit der Anlagen) an den Staat nach 75 Jahren und im übrigen ergänzende Sicherheitsvorschriften.

Dafür wurde dem Konzessionär das Recht zugestanden, Dienstbarkeiten bestellen zu lassen, wenn eine dauernde Einwirkung auf fremde Rechte zu erwarten war. Ferner war unter bestimmten Voraussetzungen die Anerkennung der Gemeinnützigkeit eines Kraftwerkvorhabens vorgesehen und im Falle dieser Anerkennung das Recht auf Enteignung von Flußanliegern möglich, um so die Durchführung des Baues zu erleichtern.

Wesentlich war bei der neuen Gesetzgebung, daß der Konzessionär in mehrfacher Weise geschützt und dadurch sein Vorhaben gefördert wurden. Mit der Erteilung der Konzession wurde er Eigentümer der Wasserkraft und verfügte somit über rechtliche Waffen gegen Spekulanten oder persönliche Feinde, die den benötigten Grundbesitz nicht abgeben wollten.

Obwohl die Konzession die für die Errichtung einer Kraftstufe unerläßliche Bedingung war, konnte der Staat nicht willkürlich über Bau oder Nichtbau entscheiden; er durfte vom Konzessionär nur alle technischen und finanziellen Garantien verlangen, die im öffentlichen Interesse erforderlich schienen, konnte jedoch nach Erfüllung dieser Bedingungen die Erteilung einer Konzession nicht verweigern.

Im Gegensatz zur Wasserkraftnutzung war die thermische Elektrizitätserzeugung von dem Gesetz des Jahres 1919 nicht betroffen; sie sollte sich noch über eineinhalb Jahrzehnte lang ohne staatliche Regelung entwickeln können.

Der in den zwanziger Jahren vonstatten gehende gewaltige Ausbau der Stromerzeugung stützte sich, besonders was die hydraulische Produktion betraf, unmittelbar auf die gleichzeitige Entwicklung des Stromtransport- und Austauschsystems, das nun, von verschiedenen Schwerpunkten ausgehend, verhältnismäßig schnell erweitert wurde. Man wird einsehen, daß erst dadurch der Weiterausbau der Wasserkräfte seine Berechtigung fand. Wie

hätten sonst die noch anwachsenden gebiets- und zeitlich bedingten Schwachlastenergien verwertet werden können ?

Es darf uns also nicht wundern, daß auch hier der Staat frühzeitig eingriff, indem er mit einem Gesetz vom 23. Juli 1922 Zusammenschlüsse von Produzenten und Verteilern förderte, um größere Vorhaben zu erleichtern. Hinzu kam noch, daß die öffentliche Hand sich von nun an "koordinierend und orientierend zu betätigen" begann, um zu erreichen, daß das Übertragungsnetz soweit wie möglich dem Allgemeininteresse dienen könne. 1)

Die Staatseinwirkung zielte durchweg auf die zukünftige Planung hinsichtlich Trassenführung, Art und Kapazität der Leitungen. So galt es vor allem, Doppelbauten von konkurrierenden Gesellschaften zu vermeiden, in anderen Fällen jedoch, Leitungen in vielleicht zweifacher Stärke zu errichten, um zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden. Diese energiewirtschaftlichen und darüber hinaus freilich auch volkswirtschaftspolitischen Zielsetzungen wurden nicht nur durch entsprechend gestaltete Konzessionslastenhefte durchgesetzt, sondern es waren auch finanzielle Maßnahmen vorgesehen. Im 'öffentlichen Interesse' konnten Produzenten und Verteiler unter gewissen Bedingungen dazu verpflichtet werden, eine bestimmte Leitung zu bauen, wobei der Staat dann eine nach mehreren Jahren zurückzuzahlende Beihilfe zu geben hatte, was in der Praxis meist in Form von staatlich garantierten und zinsverbilligten Anleihen durchgeführt wurde. 2) Die so gewährte Hilfe nahm im Vergleich zu den Gesamtinvestitionen im Transportnetz jedoch nur einen geringen Umfang an; sie entsprach bis 1937 einem Kapital von rund 40 Mill. frs, bei gleichzeitigen 150-220 kV-Netzinvestitionen von mehr als 1,5 Mrd. frs.

Verschiedene Überlegungen veranlaßten den französischen Staat, gerade beim Bau von Übertragungsleitungen in dem angegebenen Maße mitzuwirken. In der Praxis hatte es sich gezeigt, daß große Fernleitungen meist nicht sofort nach ihrem Bau günstig ausgenutzt werden und erst nach Jahren rentabel arbeiten

1) J. Aubert, Organisation, subventionnement et exploitation des entreprises d'électricité livrant à des tiers et financées avec des fonds du Trésor Public, R.G.E. 1937, S. 508

2) Ebenda, S. 509 ff.

können. Daher galt es, die Unternehmen zum Bau dieser in der Zukunft so segensreichen Anlagen über das vorgesehene Ausmaß zu ermutigen und damit die noch erheblich steigerungsfähige Verwertung billigen Schwachlaststromes zu fördern. In engem Zusammenhang hiermit standen strategische Gründe und Gesichtspunkte der Landesverteidigung.

Die praktische Notwendigkeit einer Verbundwirtschaft war gerade in der ersten Nachkriegszeit empfunden worden, als man versucht hatte, die frei gewordenen hydraulischen Kapazitäten auszunutzen, d.h. also den an Ort und Stelle nicht verwertbaren Strom in andere, zum Teil noch unter Kohlenmangel leidende Gebiete zu leiten und dort abzusetzen. Unter anderen waren es diese Bestrebungen, die 1921 die erste große Drehstrom-Hochspannungsleitung moderner Art als Verbindung zwischen dem Kraftwerk Beaumont-Montoux/Isère und dem Industriegebiet um Saint-Etienne entstehen ließen. Die benutzte Spannung war 120 kV; sie wurde später auf 150 kV erhöht. ¹⁾ Einige Jahre danach wurde eine ähnliche Leitung fertiggestellt, die die Kraftanlagen am Doron de Beaufort und an der oberen Isère mit dem Gebiet von Lyon verband. Im übrigen ergaben sich für den Verbundbetrieb innerhalb der einzelnen Alpen-Gebiete gewisse technische Schwierigkeiten, da die 'Société de l'Energie Electrique du Littoral Méditerranéen' in ihrem Tätigkeitsbereich (Südalpen und Mittelmeerküste) die Wechselstromversorgung mit einer Frequenz von 25 hz eingeführt hatte.

Von großer Tragweite für die Elektrifizierung des französischen Südens und Südwestens war die Empfehlung des im Jahre 1920 gegründeten Eisenbahnelektrifizierungskomitees, für die Energieversorgung der elektrischen Eisenbahnen wie der Industrie ein gemeinsames Verbundnetz großen Stiles zu errichten. Diese Initiative führte zu einem entsprechenden Beschluß der Eisenbahnverwaltungen; man ging sogar noch einen Schritt weiter und sah für die wichtigen Übertragungsleitungen gleich die damals höchste anwendbare Spannung von 150 kV vor.

Im Jahre 1921 begannen die C.F.M. ein umfangreiches Elektrifizierungsprogramm, in dessen Mittelpunkt die Einführung der

1) M. Haegelen, op.cit. S. 7

elektrischen Zugförderung auf ihren Vollbahnstrecken stand ¹⁾. Die Gesellschaft errichtete neben zahlreichen Kraftwerken in den Pyrenäen ein 60 kV-Netz mit leistungsfähigen Umformerstationen. Diesem Netz wurden dann einige 150 kV-Verbundleitungen überlagert, deren Kapazität über die eigenen Bedürfnisse hinausging. Auf diese Weise wurden die materiellen Voraussetzungen für die Ansätze einer Verbundwirtschaft geschaffen, die sich nun in Südwestfrankreich herausbilden konnte.

In diesem Gebiet nahm im Jahre 1923 die erste große Vereinigung von Stromerzeugern, die 'Union des Producteurs d'Electricité des Pyrénées Occidentales', ihre Tätigkeit auf. Diese neue Gesellschaft (UPEPO) war Ende 1922 von sechs Unternehmen sehr verschiedenen Tätigkeitsbereiches als Aktiengesellschaft gegründet worden, um "die Planung und Verwirklichung eines rationellen Transport- und Verteilungsnetzes" ²⁾ in Angriff zu nehmen. Die dabei zugrundeliegende Absicht war, durch die Benutzung des Netzes eines ihrer Mitglieder allen Erzeugern den Absatz ihrer überschüssigen Energie zu erleichtern. Der Zusammenschluß brachte daher gleich, ohne wesentliche Neubauten, erhebliche Vorteile für die Mitgliedsgesellschaften, die selbst vollkommen unabhängig geblieben waren. Zu den ursprünglich 16 Kraftwerken kamen später durch weitere Beteiligungen noch zahlreiche Anlagen hinzu, wie überhaupt die Aktivität der UPEPO eine starke Ausdehnung erfuhr.

Die in der UPEPO zusammengefaßten Kraftwerke waren ihrer Art nach sehr verschieden. Tages-, Saisonspeicher- und Laufkraftwerke befanden sich in mehreren Tälern, sogar teilweise im Gebiet der Cevennen, wodurch ein gewisser Ausgleich zwischen den unterschiedlichen hydrologischen Bedingungen herbeigeführt und außerdem die Verbindung mit den Wärmekraftwerken des Zentralmassivs hergestellt wurde. Die UPEPO kontrollierte schon 1923 fast 1 TWh jährlicher Erzeugung, was damals etwa einem Viertel der gesamt-französischen Wasserkraftdarbietung entsprach.

1) Die Elektrifizierung der Schmalspurstrecken war noch während des ersten Weltkrieges beendet worden.

2) G. Janberry, L'électrification de la région pyrénéenne, Paris 1942, S. 181 ff.

Neben den eigenen Versorgungsleitungen standen der UPEPO die Hochspannungsanlagen der C.F.M. zur Verfügung. Die Zusammenarbeit zwischen diesen beiden Gesellschaften sollte sich in mehrfacher Hinsicht als recht fruchtbar erweisen. Durch gegenseitigen Austausch konnten die Erzeugungs- wie auch die Transportanlagen besser ausgelastet und dabei die Versorgung verbessert werden. Auf weiteren Absatz drängten nun die gemeinsamen Stromüberschüsse, die einerseits den Ausbau des zwischen- gebietlichen Verbundbetriebes vorantrieben und andererseits wirksame Impulse für die im Ausbau befindliche Elektrifizierung Süd- und Südwestfrankreichs gaben.

Außer der UPEPO entstanden die verschiedensten Zusammen- schlüsse, um den Bau und Betrieb von Hochspannungsleitungen zu übernehmen. Der kooperative Charakter dieser von Erzeugern, Verteilern und interessierten Industrien gebildeten Organismen erhellt aus der Tatsache, daß einzelne Produzenten zu jener Zeit kaum genügende Kapazitäten besaßen, um moderne Leitungen mit 100 MW Übertragungsleistung, wie sie allein für den Fern- transport in Frage kamen, wirtschaftlich auszulasten. Es gab damals nur in Paris (thermische) Werke mit Leistungen über 100 MW, zugleich aber auch einen entsprechend hohen Energiebedarf im nächsten Umkreis dieser Werke. Aus dieser Perspektive her- aus ist also das gemeinschaftliche Interesse zu verstehen, das die oft gegnerischen Gruppen zur Errichtung gemeinsamer Netz- anlagen veranlaßte.

Die so entstehenden Zusammenschlüsse, die meist die Form einer A.G. annahmen, benötigten neben ihrem Eigenkapital auch Anleihemittel. Die Begebung von Obligationen war durch die ge- setzlichen Maßnahmen von 1922 und die gewährten Staatshilfen erleichtert worden. Um die finanziellen Lasten für die entstan- denen jungen Gesellschaften zu vermindern, verzichteten die be- teiligten Unternehmen in vielen Fällen auf Dividenden; zugleich verblieben die Aktien in den Händen der Gründer. Bei der Ver- zinsung und Amortisation der Anleihen halfen die Einnahmen von den Abnehmern (= Aktionäre), die durch Subskription von vorn- herein garantiert waren. 1)

1) E. Génissieu/1935, op.cit. S. 27

Typische Organisationen der beschriebenen Art waren die beiden großen Zusammenschlüsse im Gebiet Lyon - Saint-Etienne, die 'Société de Transport d'Energie des Alpes' (STEDA) und die 'Société de Transport d'Energie du Centre' (STEC), die sich auf Grund ihrer Elastizität so bewährten, daß sie auch in einer Zeit, in der die Verbundwirtschaft auf nationaler Ebene in den Vordergrund trat, kaum an Bedeutung verloren.

Nur in einem Einzelfall hat der französische Staat selbst Übertragungsleitungen gebaut. Um in den nach dem ersten Weltkrieg wieder an Frankreich angeschlossenen Gebieten des Elsaß den wirtschaftlichen Aufschwung zu beschleunigen, wurde dort zwischen 1919 und 1926 ein Transport- und Verbundnetz errichtet, das Spannungen von 120, 60, 45 und 30 kV benutzte. Dieses Netz wurde an zwei von den wichtigsten Stromverteilern gebildete Betriebsgesellschaften übergeben. Ab 1934 wurden diese Leitungen modernisiert und die angewandten Spannungen bis auf 150 kV erhöht.

Das Ergebnis der beschriebenen Entwicklung auf dem Gebiet der Stromübertragung schlug sich spürbar in der schnell wachsenden Länge der betriebenen Verbundleitungen nieder. Waren Ende 1923 erst 170 km Leitungen mit 110/120 kV in Betrieb, so waren es 10 Jahre später schon über 1300 km, eine Länge, die jedoch nicht mehr überschritten wurde, da man ab 1930 den höheren Spannungen den Vorzug gab. So wuchs das 150 kV-Netz von 730 km (1923) auf mehr als 3500 km im Jahre 1933 und etwa 5000 km bis 1938. Das 220 kV-System, das 1927 zum ersten Mal praktisch angewandt worden war, erreichte 1933 eine Länge von über 1200 km und wurde in den fünf darauffolgenden Jahren bis auf 2000 km erweitert. 1)

Nicht nur im Süden Frankreichs, sondern in fast allen Gebieten machten sich in den zwanziger Jahren Zusammenschluß- und Konzentrationstendenzen bemerkbar und leiteten eine Strukturänderung in der bis dahin noch recht zersplitterten Elektrizitätswirtschaft ein. Dieser Bewegung, die durch die neuen technischen und energiewirtschaftlichen Möglichkeiten begünstigt wurde,

1) Zahlenangaben nach E.D.F.-Statistiken.

mußten mehr und mehr mittlere und kleine Unternehmungen weichen, sei es nun durch Stilllegung oder durch Aufgabe der Selbstständigkeit unter Anpassung an die neuen Bedingungen. Die Zeit, in der jeder kleine Produzent oder Verteiler sein eigenes Netz und seine besondere Technik benutzte, ging sehr schnell ihrem Ende zu; die lokalen Selbstversorger mit Überschußabsatz konnten sich gegen die übermächtige Konkurrenz nur in Ausnahmefällen, beispielsweise in abgeschlossenen und dünn besiedelten Gebieten und bei sehr günstigen Wasserkräften behaupten.

Auf der anderen Seite weckte das Entstehen von großen und leistungsfähigen regionalen Gesellschaften und anderen Zusammenschlüssen das Interesse der internationalen Finanz. Es fehlte in der Zeit vor 1930 nicht an Bemühungen von dieser Seite, Produktion und Verteilung in einem übergeordneten Versorgungstrust zusammenzufassen, dem alle französischen Unternehmen einzugliedern waren. Diese Versuche, die anfangs gewisse Erfolge zu haben schienen, scheiterten an französischen Gegenmaßnahmen und nicht zuletzt an den börsenmäßigen Auswirkungen der beginnenden Weltwirtschaftskrise. 1)

Jedoch auch zwischen den innerfranzösischen Gruppen und Gesellschaften spielten sich zu jener Zeit Kämpfe ab. Es ging sozusagen um die 'elektrizitätswirtschaftliche Landverteilung'. Babonneau gibt uns eine Vorstellung vom Charakter dieses Wirtschaftskampfes, wenn er schreibt: "In den Berichten der Ingenieure und Wirtschaftler, die diese Gesellschaften leiteten, war stets die Rede vom 'industriellen Schlachtfeld' und vom 'Operationsgebiet'; es galt 'eine Konzession zu erobern', so wie man früher eine Zwingburg einnahm. Wie in jedem Krieg gab es loyalen Gegner und auch andere skrupellosere, die ohne alle Rücksichten handelten" 2).

So bildeten sich allmählich große Unternehmen heraus, die sich auch untereinander durch kartellähnliche Absprachen oft gebunden hatten und die Versorgung der einzelnen Gebiete unter sich aufteilten. Als Beispiele für die entstandenen Zusammenschlüsse können die Gesellschaften genannt werden, die jeweils in den Gebieten von Paris, Lyon, Saint-Etienne und Marseille

1) u. 2) L. Babonneau, op.cit. S. 15

die Elektrizitätsversorgung übernommen hatten.

Daneben entstanden Gesellschaften, die nach ihrer Zwecksetzung und Ausgestaltung einen besonderen Charakter aufwiesen; die öffentliche Hand war an ihnen kapitalmäßig beteiligt.

Im Jahre 1926 trat der französische Staat als gewöhnlicher Aktionär in die 'Société de Régularisation des Forces Motrices de la Vallée de la Romanche' ein. Wie der Name sagt, handelte es sich um ein Unternehmen, das die Wasserführung der Romanche durch den Bau eines Speichers am Oberlauf regulieren sollte, um dadurch allen flußabwärts betriebenen Kraftwerken eine dem Bedarf angepaßte Stromerzeugung zu ermöglichen. Dieser 'gemischt-wirtschaftlichen Gesellschaft' ¹⁾, die einen vorwiegend genossenschaftlichen Charakter hatte, wurden von staatlicher Seite günstige Anleihebedingungen zugestanden. Die einzige Einnahme der Gesellschaft sollte in einer von den Kraftwerken zu leistenden Abgabe von 0,058 fr. für jede zusätzlich erzeugte Kilowattstunde bestehen ²⁾.

Ein anderes Beispiel einer gemischtwirtschaftlichen Gesellschaft ist die 'Compagnie Nationale du Rhône' (C.N.R.), die auf Grund eines früheren Gesetzes im Jahre 1934 gegründet wurde, mit größeren Leistungen jedoch erst nach dem letzten Krieg an die Öffentlichkeit treten konnte. Ihre Aufgabe war nicht nur auf Gewinnung und Absatz von Wasserkraftstrom ausgerichtet; ihr wurde darüber hinaus die Regulierung und der gesamte Ausbau der Rhône anvertraut, der neben der Stromerzeugung die Verbesserung der Schifffahrts- und Bewässerungsmöglichkeiten umfaßt. Auf die Tätigkeit dieser letzten Gesellschaft wird in den entsprechenden Abschnitten des 'Speziellen Teiles' dieser Arbeit zurückzukommen sein.

Auch in allen anderen Fällen handelte es sich bei kapitalmäßiger Beteiligung des Staates um Projekte, die als im allgemeinen Interesse besonders förderungswürdig angesehen wurden oder nur mit Unterstützung der öffentlichen Hand auf kollektiver Basis vorangetrieben werden konnten.

1) "société d'économie mixte" 2) J. Aubert, op.cit. S. 508



2. Stromversorgung und -absatz als Grundlage wachsender Elektrizitätswirtschaft und Wasserkraftnutzung

In der Zeit zwischen den beiden Weltkriegen gab es verschiedenartige Impulse, die den Ausbau der Elektrizitätsverteilungsanlagen und die Förderung des Stromabsatzes in den Vordergrund treten ließen. Die Motive, die dabei zugrunde lagen, waren nicht immer einheitlicher Art; dennoch scheint man sich aber in jedem Fall im klaren darüber gewesen zu sein, daß eine langanhaltende energiewirtschaftliche Expansion schließlich und endlich nur möglich sein würde, wenn dem Absatz außer in den verschiedenen Industrien auch im Kleinverbrauch der Haushalte, des Handwerks und der Landwirtschaft mit ihren stets zunehmenden Anwendungen eine breitgestreute und relativ konjunkturunempfindliche Stütze erwachsen würde.

Die Meinungsbewegung zugunsten der ländlichen Elektrifizierung, die sich bald nach dem ersten Weltkrieg abzuzeichnen begann, war allerdings mehr von sozialen als von wirtschaftlichen Gesichtspunkten geleitet. Man dachte nicht so sehr an die Mechanisierung der landwirtschaftlichen Produktion als solcher, sondern man wollte der Bevölkerung die Teilnahme am technischen Fortschritt ermöglichen, um dadurch eine Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen herbeizuführen; denn "ländliche Elektrifizierung" bedeutet, wie es R. Préaud formulierte ¹⁾, besonders dort, wo die landwirtschaftliche Erwerbsstruktur überwiegt, "schwierige Elektrifizierung", wobei neben den durch geringe Bevölkerungsdichte (= Verbrauchs-) und durch sehr unterschiedliche Verbrauchsziffern gegebenen technischen Problemen vor allem an deren Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit einer solchen Versorgung gedacht wird.

Nach Préaud waren 1919 nur 20 % aller französischen Gemeinden elektrifiziert, was einer Versorgung von fast 60 % der Bevölkerung (24 Mill.) entsprach. Die angeschlossenen Gemeinden lagen allerdings vorwiegend in der unmittelbaren Nähe von

1) R. Préaud, L'électrification rurale, R.G.E. 1937, S. 243

Städten, in Industriegebieten oder in der Umgebung reichlicher Wasserkräfte. Die Benachteiligung kleiner und abgelegener Siedlungen kommt am besten in der durchschnittlichen Einwohnerzahl der nicht angeschlossenen Gemeinden zum Ausdruck, die 600 gegenüber 3200 bei den versorgten betrug.

Die Elektrizitätsverteilung wurde maßgeblich durch das Gesetz vom 2. August 1923 beeinflusst, das die Vollelektrifizierung ganzer Gebiete durch die Gewährung von Subventionen und Krediten förderte. Dieses Gesetz baute auf der vorhandenen Verteilungsgesetzgebung auf, die seinerzeit die ersten gesetzgeberischen Eingriffe in die französische Elektrizitätswirtschaft überhaupt mit sich gebracht hatte.

Diese ersten Maßnahmen waren durch die Tatsache veranlaßt worden, daß Stromverteilungsanlagen nicht unter Umgehung öffentlicher Wege gebaut werden können, und so legte auch die "die Errichtung elektrischer, zum Transport von Kraft bestimmter Leitungen und die Erzeugung von Licht" betreffende Verordnung aus dem Jahre 1888 den Unternehmern im Interesse der öffentlichen Sicherheit recht harte Bedingungen auf, beschränkte jedoch in keiner Weise ihre Handlungsfreiheit. Sie war in erster Linie Schutzvorschrift.

Erst das grundlegende Gesetz vom 15. Juni 1906 setzte den Willen des Staates, Wächter über alle öffentlichen Einrichtungen zu sein, in eine weitergehende Kontrolle der Elektrizitätsversorgung um. Hier wurde der genau 50 Jahre später in die Diskussion geworfene Grundsatz entwickelt, daß Güter, die nationales Eigentum darstellen, im Interesse der Allgemeinheit und zum Besten des ganzen Volkes ausgenutzt werden sollten. Das Gesetz, das die Verteilung von Elektrizität der Verwaltungsmaßnahme besonderer Konzessionslastenhefte unterwarf, erlegte dem Konzessionär verschiedene Verpflichtungen auf, die denen eines öffentlichen Dienstes recht nahe kommen, jedoch hier nicht einzeln angeführt werden können. Es sei nur angegeben, daß das Gesetz zwischen den üblichen Konzessionen und denen gemeinnützigen Charakters unterschied, wobei die letzteren erhebliche Erleichterungen bei Bauausführungen, die eine Einwirkung auf fremdes Eigentum nötig machen, gewährten.

Das Gesetz von 1923, das sich in seinen einzelnen Durchführungsbestimmungen auf die Grundlagen von 1906 stützte, brachte eine strukturelle Veränderung der Elektrizitätsverteilung in finanzieller und geographischer Hinsicht. Hatten bisher die Verteiler ihre Netze fast durchweg allein finanziert, wobei sie die günstigsten Gebiete gewählt hatten und die ländliche Elektrifizierung vernachlässigt worden war, so ließ jetzt der Staat mit verschiedenen Maßnahmen und Regelungen der 'Breitenelektrifizierung' besondere Förderung zuteil werden.

Grundsätzlich hatten jetzt die Gemeinden ihr Netz selbst zu errichten, ebenso wie eventuelle Anschlußleitungen an die übrigen Versorgungsstränge. Da sie diese Lasten nicht allein tragen konnten, wurde ihnen in mehrfacher Weise Hilfe zugestanden. ¹⁾ Die Staatshilfe umfaßte kostenlose Ingenieurberatung und verwaltungsmäßige Erleichterungen, eine 30 - 50 %ige Subvention und für den Restbetrag Kredite zu niedrigen Zinssätzen von der 'Caisse Nationale du Crédit Agricole'. Diese konnten jedoch durch eine einmalige Ersatzsubvention ersetzt werden, was im allgemeinen vorgezogen wurde. Zusätzliche Unterstützungen der Departements ergänzten die Staatshilfe und sollten vor allem Ungleichmäßigkeiten beseitigen. Schließlich konnten Beihilfen der zukünftigen Abnehmer in Anleiheform, in einer besonderen Erhebung pro Kilowattstunde oder durch verlorene Zuschüsse festgesetzt werden.

Die Anwendung der verschiedenen Finanzierungsquellen schwankte sehr; hier sei nur festgehalten, daß die bis 1937 vorgenommenen Investitionen zu fast zwei Drittel aus verlorenen Zuschüssen — vor allem der öffentlichen Hand — bestritten wurden, während sich der Restbetrag auf Anleihen und Kredite der Abnehmer, des Crédit Agricole und anderer Institutionen verteilte.

Eine durch Sondergesetzgebung geschaffene Unternehmungsform, die den Ausbau der Elektrizitätsverteilung auf Basis der erweiterten Gesetzgebung sehr erleichterte, ist die der Regie, die auf städtischer, kommunaler, interkommunaler wie auch departementaler Basis betrieben wurde. Auf diese Weise wurden etwa 5 % der Bevölkerung, fast 2 Millionen Einwohner, an die Versorgung

1) R. Préaud, op.cit. S. 247

angeschlossen. Beispiele hierfür sind Städte wie Metz und Bordeaux sowie die Departements Loir-et-Cher und Loiret.

Einige Jahre später sollte der Ausbau der elektrischen Versorgung neben den staatlichen Maßnahmen einen weiteren kräftigen Anstoß bekommen. Die durch die Weltwirtschaftskrise hervorgerufene jahrelange Stagnation des Stromabsatzes ¹⁾ und die dadurch gegebene geringe Auslastung der vorhandenen Anlagen, besonders der Wasserkraftwerke, veranlaßte die Elektrizitätsunternehmen, mit allen Mitteln neue Kunden und Absatzmöglichkeiten zu suchen. Es handelte sich dabei um rein technische und wirtschaftliche Gründe der Gesellschaften selbst, die sich — in übertragenem Sinne — der neuen Situation eines 'Käufermarktes' gegenübergestellt sahen. Man hatte erkannt, daß in der Elektrizitätswirtschaft kein Kunde von sich aus zum Verkäufer kommt, und stand vor der Notwendigkeit, eine aktive Absatzpolitik zu treiben, die der vorhandenen Verbrauchsstruktur Rechnung zu tragen hatte.

Schon zu Beginn der dreißiger Jahre lagen die Pro-Kopf-Verbrauchsziffern in Frankreich erheblich unter denjenigen anderer Kulturländer. Für das Jahr 1930 lassen sich die spezifischen Verbrauchszahlen wie folgt angeben: Frankreich 360 kWh; Kanada 1750, USA 1075, Schweiz 1300, Schweden 830, Deutschland 450, England und Italien je 240. Es sei vermerkt, daß Frankreich schon 1935 von Großbritannien überflügelt wurde. Im übrigen geben die angeführten Zahlen, was die Stellung Frankreichs betrifft, ein Bild, das sich bis heute — von den Größenordnungen abgesehen — kaum verändert hat.

Für sich selbst sprechen die Daten über die Benutzung einiger elektrischer Haushaltsgeräte (bezogen auf je 1000 Einwohner), im Jahre 1931: ²⁾

	<u>Frankreich</u>	<u>Schweiz</u>	<u>Ver. Staaten</u>
Elektrische Boiler	18	44	46
Heizgeräte	15	65	27
Elektroherde	0,2	35	7,5
Bügeleisen	90	161	156

1) Vgl. hierzu auch die Ausführungen des folgenden Abschnitts

2) R. Kaestlin, op.cit. S. 14

In welchem Maße der Pro-Kopf-Verbrauch in den einzelnen französischen Gebieten unterschiedlich war, geht daraus hervor, daß die entsprechenden Verhältniszahlen für das besonders begünstigte Departement Savoyen über 3000 kWh, für einige andere entwickelte Gebiete über 1000 kWh, für die meisten Departements jedoch weit unter 500 kWh lagen. In der Côte d'Or wurde sogar ein Verbrauch von nur 5 kWh pro Kopf und Jahr festgestellt. Die hohen Verbrauchsziffern sind in den Wasserkraft- oder Schwerindustriegebieten, danach erst in den Großstädten zu suchen. Der spezifische Haushaltsverbrauch ist jedoch in den Großstädten relativ wie absolut sehr hoch, hingegen anteilmäßig verschwindend gering in den Wasserkraft- und Industriegebieten.

In diesem Zusammenhang wäre zu erwähnen, daß die Stromtarifgebiete sehr verschieden waren und im ganzen einem NW-SO-Gefälle folgten; die Unterschiede der durchschnittlichen Haushaltsstrompreise in den Landgemeinden waren erheblich und lagen beispielsweise 1932 zwischen 1 fr. in den Meer-Alpen und 3,5 fr. im Departement Finistère.

Die Elektrizitätsgesellschaften begannen an Tarifvereinheitlichungen zu arbeiten. Es waren aber gerade die Tarifvereinfachungen, die Schwierigkeiten mit sich brachten; wie sollte zum Beispiel die Forderung nach der psychologisch so wichtigen Senkung der hohen Kleinstverbraucher-Grundtarife mit der unternehmensseitigen Fixkostenstruktur in Einklang gebracht werden? Wie kann ohne Einführung aufwendiger Meß- und Zählmethoden der Verbrauch während der lastschwachen Stunden gefördert werden? Wie würde sich schließlich eine Tarifsenkung auf die Entwicklung des Verbrauches auswirken? 1)

Einer durchgreifenden Tarifreform standen also die verschiedensten Gründe und Bedenken wirtschaftlicher, technischer und sozialer Art entgegen, so daß sich die praktischen Ergebnisse innerhalb gewisser Grenzen halten mußten. Es sei hier nur angeführt, daß die im Zuge der erwähnten Reformbemühungen ab 1933 von der 'Compagnie Parisienne d'Electricité' gewährten Stunden- (mit drei Zählern) und Tranchentarife (nur ein Zähler) beispielgebend für spätere Maßnahmen dieser Art waren.

1) Vgl. hierzu die interessanten Untersuchungsergebnisse von E. Génissieu (op.cit./1934).

Die wirtschaftlichen Hemmnisse für durchgreifende Vereinheitlichungen kommen auch in der 1931 noch vorhandenen Vielfalt von Verteilungsgesellschaften und Netzen zum Ausdruck: 1)

<u>Netzkapazität</u>	<u>Anzahl der Netze</u>	<u>abgegebene Energie</u>
über 100 MW	28	4,815 TWh
50 - 100 MW	17	1,165 TWh
20 - 50 MW	46	1,471 TWh
zusammen	91	7,5 TWh

Diese Gesellschaften arbeiteten wiederum unter sehr unterschiedlichen technischen Bedingungen, die während der vorhergegangenen Entwicklungsperiode oft nur deswegen abweichend von Nachbarunternehmen gewählt worden waren, um eine eventuelle Konkurrenz unmöglich zu machen.

Über die einzuführenden einheitlichen Spannungen war man sich noch nicht überall einig. Im Niederspannungssektor begann sich das 220 Volt-System zwar langsam durchzusetzen; tatsächlich waren noch lange Zeit alle möglichen Spannungen zwischen 100 und 1000 Volt anzutreffen. Auch das Pariser Netz, das schon damals als eines der besten und betriebssichersten in Frankreich galt, war gerade erst 1930 vollständig auf die einheitliche Frequenz von 50 hz (vorher auch 25 und 42 hz) umgestellt worden²⁾.

Zusammengefaßt führten die Elektrifizierungsbemühungen des Staates und der Versorgungsunternehmen sowie die Förderung des Stromabsatzes zu einer stetigen Erhöhung des Niederspannungsverbrauchs, die sich auch während der Krisenzeit noch fortsetzte. Wegen der rückläufigen Entwicklung im industriellen Sektor stagnierte der französische Pro-Kopf-Verbrauch auf Jahre hinaus und vergrößerte so seinen Rückstand gegenüber den Ländern mit hohem Verbrauch. Bedeutend waren jedoch die Fortschritte in der ländlichen Elektrifizierung. Obwohl die schwierigsten Fälle, die kleinsten und abgelegenen Gemeinden, zukünftigen Maßnahmen vorbehalten blieben, war der erreichte Versorgungsgrad beachtlich und sicherte Frankreich in dieser Hinsicht den vierten

1) R. Girard, op.cit. S. 1264

2) J. Mathivet, op.cit. S.174

Platz unter den Kulturstaaten (nach Belgien, Holland und der Schweiz).

Die bis 1937 für die Elektrifizierungsarbeiten vom Staat aufgewendeten Mittel wurden auf mehr als 10 Mrd. frs geschätzt.¹⁾ Die Anzahl der versorgten Gemeinden war von 18.210 im Jahre 1926 auf 35.765 im Jahre 1935 gestiegen; d.h. daß 94 % aller französischen Gemeinden — ihre Einwohnerzahl betrug über 98 % der Gesamtbevölkerung — zu Beginn des Jahres 1936 von der Elektrizitätsversorgung erfaßt waren.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß im Rahmen der Elektrifizierungsbemühungen investitionsmäßig beachtliche Leistungen vollbracht worden waren, die Frankreich in die Reihe der höchst-elektrifizierten Länder gebracht hatten. Bevölkerungspolitisch dürfte die ländliche Versorgungsverbesserung der Tendenz zur Landflucht entgegengewirkt haben; ob die vom Staat eingesetzten gewaltigen Mittel jedoch materiell oder immateriell, einzelwirtschaftlich oder staatswirtschaftlich einen größtmäßig angemessenen Ertrag gebracht haben, wäre Gegenstand einer eigenen und zweifellos sehr komplizierten Untersuchung.

Feststehen dürfte allerdings, daß die sozialen und bevölkerungspolitischen Hoffnungen bei der Elektrifizierung in größerem Maße erfüllt wurden als die wirtschaftlich begründeten der Elektrizitätsunternehmen bei ihren vielfältigen, jedoch zuwenig weittragenden Absatzbemühungen. Der Mehrverbrauch auf dem Lande blieb vorerst nur gering, da nach Einrichtung der neuen Anschlüsse (Lichtstromverbrauch) sich die Anwendung von Kraftstrom nur im Laufe der Jahre und dazu recht zögernd einführte.

Wenn während der Wirtschaftskrise verschiedentlich die Meinung vertreten wurde, daß unter der Voraussetzung, daß die Verteilungs- und Absatzprobleme schon eher gelöst worden wären, die jahrelange Wasserkraftkrise hätte vermieden werden können, so ist dem doch entgegenzuhalten, daß der industrielle Verbrauch eine zu überragende Stellung einnimmt, um einen Ausgleich auf der Niederspannungsseite allein zuzulassen.

1) R. Préaud, op.cit. S. 250



3. Ausbau der Wasserkraftwerke und Gesamtentwicklung bis zum zweiten Weltkrieg

Wie schon mehrfach angedeutet, läßt sich die Entwicklung der französischen Wasserkraftwirtschaft in verschiedene Abschnitte einteilen, die abwechselnd durch starke Bautätigkeit oder durch eine fast vollständige Inaktivität gekennzeichnet waren. So trat auch nach der großen 'Wasserkraftbewegung', die im Laufe des ersten Weltkrieges und mit Unterstützung der Produktionsgesetzgebung entstanden war, um die Mitte der zwanziger Jahre eine gewisse Ruheperiode auf diesem Sektor ein. Die Errichtung von Wärmekraftwerken mit ihren kürzeren Bauzeiten und dem wesentlich geringeren Kapitalbedarf wurde bei den damaligen hohen Zinssätzen (1926 fast 9 %) vorgezogen. Ein Eingriff der nach liberalen Grundsätzen verfahrenen öffentlichen Hand fand, auch auf Betreiben der Kohlengesellschaften, nicht statt. Erst 1928, nach Ordnung der Geld- und Verhältnisse sowie des Kapitalmarktes, versuchte man, durch gewaltige Vorhaben das Versäumte nachzuholen. Die inzwischen entstandenen großen Gesellschaften, insbesondere die gemischtwirtschaftlichen, unternahmen nun Kraftwerkbauten im Zentralmassiv, am Rhein und in den Alpen.

Gerade als die ersten Maschinensätze der neuen, teilweise außerordentlich leistungsstarken Werke in Betrieb genommen wurden, brach die Weltwirtschaftskrise herein. Die Fertigstellung der begonnenen Kapazitäten wurde im Zuge der rückläufigen Absatzentwicklung teilweise stark verzögert; dennoch konnten bis 1935/36 fast alle geplanten Vorhaben beendet werden.

Damit begann ein neuer Abschnitt in der Wasserkraftwirtschaft: man wollte und mußte nun abwarten, bis der zurückgebliebene Verbrauch in die vorhandenen Kapazitäten hineinwachsen würde. Als es im Jahre 1938, das durch geringe Niederschläge gekennzeichnet war, soweit zu sein schien und außerdem der Rüstungsbedarf unmittelbar bevorstand, kam es zur Ausarbeitung eines 3 TWh-Wasserkraftprogrammes, dessen größerer Teil jedoch bis nach 1945 aufgeschoben werden mußte (vgl. hierzu IV/1).

Von den in den Jahren bis zum zweiten Weltkrieg in Betrieb genommenen Werken seien im folgenden einige wichtige genannt:

<u>Gebiet</u>	<u>Bezeichnung</u>	<u>Fluß bzw. Becken</u>	<u>Jahr</u>
<u>MASSIF CENTRAL</u>	L'Isle-Jourdain	Vienne	1921
	Eguzon	Creuze	1926
	Le Pinet	Tarn	1927
	Lamativie	Cère	1927
	Coindre	Rhue	1927
	Monistrol	Allier	1927
	Laval de Cère	Cère	1931
	mehrere Werke an	Taurion/Vienne	1930-33
	Brommat/Sarrans	Truyère	1935-37
<u>PYRENÄEN</u>	Maréges	Dordogne	1934/35
	Mehrere Werke an der	Aspe	ab 1921
	Artouste Miégebat	Hôurat Gave d'Ossau	ab 1922
	Tramesaygues, Lassoula	Nesta	1929-32
<u>A L P E N</u>	Beaumont-Montoux	Isère	1921
	Viclaire	Isère	1924
	La Perrière-Vignotan	D. de Bozel	
	Sainte-Tulle		
	La Brillanne	Durance	um 1925
	Beaufort	D.de Beaufort	bis 1934
	Fond de France	Bréda	1931
	Pizançon	Isère	1931
	La Bissorte	Arc	1935
	Le Sautet	Drac	1935
	Chambon/St-Guillerme	Romanche	1935
<u>R H E I N</u>	Kembs	Rhein	1932
	Lac Noir (Pumpspeicher/Vogesen)		1935

Unter den zwischen den Weltkriegen fertiggestellten Wasserkraftwerken finden sich verschiedene, die hinsichtlich Bauart, Betriebsmethoden und auch geographischer Lage neue Konzeptionen erkennen ließen und auch größenmäßig weit über vorhandene Anlagen hinausgewachsen waren. Einige beispielhafte Wasserkraftbauten sollen in der gebotenen Kürze gewürdigt werden.

Der von dem Elektrometallurgie-Unternehmen UGINE im Jahre 1936 vorläufig beendete Ausbau des Doron de Beaufort im Massiv des Mont Blanc stellt den ersten systematisch durchgeführten Vollausbau eines alpinen Abflusssystems dar. Ein in 1700 m Höhe angebohrter und außerdem aufgestauter Bergsee (Pumpspeicherbetrieb möglich) paßt die Energieerzeugung von sieben in Reihe arbeitenden Kraftwerken den Bedürfnissen des industriellen Verbrauches an. — Gerade bei dieser Gesellschaft hatte man sehr frühzeitig erkannt, daß auf lange Sicht eine genügende und außerdem wirtschaftliche Stromversorgung der expansiven Metallurgie nicht durch 'wilden Ausbau' der augenblicklich günstigsten Wasserkräfte erfolgen könne, sondern, in Hinblick auf die begrenzten natürlichen Möglichkeiten, die planmäßige Nutzung ganzer Abflußbecken unter Einbeziehung von Speichersystemen vorzuziehen sei. Ähnliche Überlegungen waren entscheidend bei anderen Vorhaben, wie beispielsweise bei der Romanche-Regulierung (Le Chambon) und beim Ausbau der Bréda (Fond-de-France).

Mehrere große Bauten entsprangen zum Teil den Bemühungen, die wasserkraftmäßige Deckung der sich mehr und mehr ausprägenden Belastungsspitzen zu ermöglichen. Es galt nun ganz allgemein, nicht nur beliebige Arbeitsmengen zu liefern, sondern vielmehr, lastgemäße Energie durch kurzfristiges Ausfahren sehr hoher Leistungen zur Verfügung zu stellen. In diesem Zusammenhang sind die großen Talsperrenkraftwerke Le Sautet am Drac, Sarrans/Brommat an der Truyère sowie das Höchstdruckwerk La Bissorte am Arc zu nennen.

Hinsichtlich Bauart und Größe nehmen das erste Rheinseitenkanal-Kraftwerk Kembs und das zugehörige Pumpspeicherwerk Lac Noir in den Vogesen eine Sonderstellung unter den Vorkriegsanlagen ein. Bei diesem damals bedeutendsten Erzeugungssystem war es die Kombination zwischen Schiffskanal-Kraftstufe und örtlich getrenntem Pumpspeicherbetrieb, die in einer Zeit des noch nicht vollständig ausgebauten Verbundbetriebs größte Beachtung fand.

Eine wahre bautechnische Revolution hatte sich beim Bau von Betonstaumauern während der zwanziger Jahre angekündigt; jedoch ließ die praktische Anwendung der 'Betongewölbetechnik', die in Frankreich durch den Ingenieur Coyne eingeführt worden war, bis nach 1930 auf sich warten, da hemmende verwaltungsmäßige Vor-

schriften bestanden und schließlich Genehmigungen von Fall zu Fall eingeholt werden mußten. ¹⁾ Die neue Methode, die bei ästhetischeren Formen und erheblich gesenktem Zementverbrauch neben größeren Höhen auch genauere — wenn auch kompliziertere — Festigkeits- und Sicherheitsberechnungen erlaubt, stellt, vereinfachend betrachtet, nur eine Übertragung längst angewandter Brückenbautechniken auf das Gebiet der Talsperren dar. Sie ist an die Voraussetzung gebunden, daß genügend enge und von soliden Felsformationen eingeschlossene Flußläufe vorhanden sind; denn hier wird die Stützfunktion der bei der klassischen Stau-mauer verbauten Betonmasse von der verhältnismäßig dünnen Bogenstau-mauer auf die seitlichen Fundamente übertragen.

Mit der 1934/35 fertiggestellten Gewölbestau-mauer von Mairéges an der Dordogne, die aus Vibrationsbeton besteht und den ebenfalls neu eingeführten Skisprung-Hochwasserüberlauf nach Coyne besitzt, konnte sich die neue Technik überzeugend bewähren und wurde schließlich richtungsweisend für zahlreiche vor dem Krieg geplante, jedoch erst nach 1945 durchgeführte Bauten. Die Bogenstau-mauer ist für die engen Felstäler des Zentralmassivs besonders geeignet, da es dort neben der Errichtung von Speicherreserven vor allem um die Nutzbarmachung des vorhandenen Gefälles geht.

In diesem Zusammenhang sei vermerkt, daß auch die Alpen-Talsperre Le Sautet mit einer Höhe von 136 m wesentlich von den neuen Prinzipien beeinflusst wurde, jedoch wegen der nicht an allen Stellen genügenden Fundamente ebenfalls Elemente der Gewichtsbauweise aufweist.

Auf dem Turbinensektor war es die ab 1920 entwickelte regulierbare Propeller- oder Kaplan-Turbine, die bei Niederdruckwerken einen beträchtlich verbesserten hydraulisch-mechanischen Wirkungsgrad bei Teillast ermöglichte. Eines der ersten französischen Werke, das das neue Triebssystem benutzte, war die Isère-Kraftstufe Pizançon (1930/31). Es folgten Kembs und viele andere Werke.

1) A. Coyne, *Aperçu général des tendances suivies en France ces dernières années dans la conception de barrages de grande hauteur*, "Sonderheft 1935", S. 39-42.

In dem Maße wie sich die Kaplan-Turbine durchzusetzen begann, wurden die Francis-Turbinen mit horizontaler Achse seltener, zumal sich der Anwendungsbereich der Niederdruckturbinen immer stärker ausdehnte. Ganz allgemein konnte der Wirkungsgrad verbessert werden. Er erreichte vor dem Weltkrieg häufig schon im Halblastbereich Werte von fast 90 %, die dem erzielbaren Optimum schon sehr nahe liegen. Spürbare Verbesserungen hatten sich vor allem aus der Tatsache ergeben, daß man die Kavitationerscheinungen genauer kennen und beherrschen lernte ¹⁾.

Energiewirtschaftlich können die Ausbauleistungen auf dem Wasserkraftsektor zwischen den beiden Weltkriegen wie folgt umrissen werden. Das mittlere Jahresarbeitsvermögen aller Werke wurde auf etwa das Dreifache, rund 13 TWh, gesteigert, während sich die installierte Leistung aller Wasserkraftmaschinen auf über 3 GW, d.h. auf den fast vierfachen Wert von 1918 erhöht hatte. Tatsächlich stellten die während der beschriebenen Periode fertiggestellten Werke weniger nach ihrer Anzahl als vielmehr ihrer Jahreserzeugung nach den weitaus größeren Teil aller Anlagen, die bis zur Verstaatlichung der französischen Elektrizitätswirtschaft gebaut worden waren.

Es dürfte schwierig sein, alle Aspekte, die für die Entwicklung der französischen Elektrizitätswirtschaft zwischen den Weltkriegen von Bedeutung waren, auch nur annähernd aufzuzeigen, unmöglich jedoch, sie in übersichtlicher oder synoptischer Weise darzulegen; denn gerade auf diesem Gebiet, das, wie die Energiewirtschaft überhaupt, in wirtschaftlicher, technischer, sozialer und nicht zuletzt politischer Hinsicht eine Schlüsselstellung einnimmt, ist eine wechselseitige Beeinflussung und Abhängigkeit aller wirksamen Momente und Tendenzen gegeben, die in ihrem stark zeitgebundenen Charakter jeweils kaum zu übersehen, erst recht aber schwierig wiederzugeben sind.

So sei als Grundlage der folgenden Ausführungen eine zahlenmäßige Übersicht gebracht, aus der allein schon die wesentlichen Merkmale der kräftigen, wenn auch zeitweise spürbar gehemm-

1) A. Coyne, Les progrès dans la technique de l'équipement hydroélectrique, "Sonderheft 1939", S. 16

ten Expansion in der Elektrizitätswirtschaft herauszulesen sind. 1)

Jahr	WASSERKRAFT				WÄRMEKRAFT		GES.-	VERBRAUCH		
	MJAV TWh	Sp.K. GWh	Hydr. Koef.	Prod. TWh	I.L. GW	Prod. TWh	PROD. TWh	Ges. TWh	H-Sp. TWh	N-Sp. TWh
1923	6,0	122	1,07	3,7	2,6	4,5	8,2	8,4	6,0	1,2
1924	6,35	122	1	3,95	3,0	6,0	9,95	10,2	7,3	1,5
1925	6,55	132	0,87	4,25	3,4	6,8	11,05	11,4	8,15	1,7
1926	6,9	132	1,14	5,25	3,7	7,1	12,35	12,7	9,2	1,85
1927	7,8	136	1,16	5,6	3,9	6,9	12,5	12,9	9,35	1,9
1928	8,3	177	1,10	6,1	4,0	8,05	14,15	14,6	10,85	2,05
1929	8,65	244	0,86	6,5	4,3	9,0	15,5	16,0	11,7	2,25
1930	8,8	246	1,26	7,55	4,6	9,2	16,75	17,2	12,6	2,45
1931	9,8	339	1,15	6,4	5,0	9,15	15,55	16,1	11,55	2,5
1932	11,8	398	1,06	6,45	5,4	8,4	14,85	15,4	10,55	2,55
1933	11,9	522	0,86	7,3	5,5	9,0	16,3	16,8	11,5	2,65
1934	12,2	656	0,91	7,95	5,6	8,7	16,65	17,1	11,65	2,8
1935	12,9	691	1,19	9,0	5,6	8,35	17,35	17,8	12,05	2,9
1936	13,15	753	1,18	9,8	5,8	8,55	18,35	18,8	13,0	3,0
1937	13,2	749	1,11	10,9	5,9	9,1	20,0	20,4	14,5	3,05
1938	13,5	749	0,85	10,3	6,0	10,4	20,7	21,1	14,5	3,2

Produktion und Verbrauch konnten sich ab 1920 in überaus günstiger Weise entwickeln, da sich nun erst die meisten während des Krieges unternommenen Kapazitätserweiterungen auf dem Wasserkraftsektor auszuwirken begannen. Nach dem Produktionseinbruch von 1915 und dem nur langsamen Ansteigen der Gesamterzeugung bis 1920/21 folgte eine Periode starker und stetiger Expansion bis in das Krisenjahr 1930, deren Beginn durch eine Verbrauchssteigerung um fast 100 % in den Jahren 1921 bis 1923 gekennzeichnet war. Ein gleicher Wachstumsfaktor war bis dahin nur in einer Fünfjahresperiode (1916 - 1921) zu beobachten gewesen, während danach für eine ebenso hohe relative Zuwachsrates immerhin 7 Jahre (1923 - 1930) erforderlich waren.

1) Zusammengestellt und abgerundet; Quelle: E.D.F.-Statistik 1955, S. 62/63

Im Verlauf der Weltwirtschaftskrise zeigte sich ab 1930 ein neuer, dieses Mal langanhaltender Einbruch, dessen vielfältige Aus- und Fernwirkungen auf dem Elektrizitätssektor bis in die Kriegs- und Nachkriegszeit hinein spürbar blieben. Die unmittelbaren Folgen manifestierten sich in einem Rückschlag, der sich vielleicht am besten an dem vorher geschätzten Bedarfsanstieg messen läßt: 1)

VERBRAUCHSANSTIEG ZWISCHEN 1929 UND 1932

<u>Verbraucher</u>	<u>Planung</u>	<u>Wirklichkeit</u>
Verteiler	1695 GWh	250 GWh
Kohlengruben	225 "	- 100 "
Montanindustrie	90 "	- 360 "
El.-Chemie u. -Met.	150 "	- 800 "
elektr. Zugförderung	150 "	90 "
Übertr.-Verluste	390 "	100 "
Zusammen	2700 "	- 820 "

Interessant ist, daß unter diesem Blickwinkel in der Elektrizitätsverteilung, deren Absatz sogar leicht zunahm, die weitaus größten Abstriche nötig wurden, während — relativ gesehen — die Erwartungen der stromintensiven Industrien am meisten enttäuscht worden waren.

Nach dem Tiefpunkt des Jahres 1932 folgte ein sehr langsamer Wiederanstieg, so daß das höchste Vorkrisenergebnis von 1930 (17,2 TWh) erst 1934/35 wieder leicht überschritten wurde. Dennoch war der Rückgang des Stromabsatzes um etwa 10 % in zwei Jahren nach Menge und Dauer weit hinter der Abwärtsbewegung in anderen französischen Industrien zurückgeblieben. Die Einbußen betrugen auf dem Metallsektor 40 %, in der Textilbranche 40 bis 50 % und äußerten sich in der chemischen Industrie hauptsächlich durch einen starken Preisverfall. Die Gründe dafür sind nicht schwer zu finden; sie beruhen auf dem besonderen Charakter der Elektrizitätsversorgung. Die Stromlieferung ist eine Dienstleistung des täglichen Grundbedarfs und daher, was Haushalte und den gewerblichen Sektor betrifft, eine Bedarfsdeckung, die neben Ernährung, Kleidung und Wohnung mit an der Spitze jeder

1) R. Girard, op.cit. S. 125

individuellen Rangordnung steht, soweit sie nicht überhaupt schon fester Bestandteil dieser Grundbedürfnisse geworden ist. Hinzu kommt noch, daß Elektrizität in Frankreich ein binnenwirtschaftliches Gut ist; seine Erzeuger haben daher weder unter verringerten Exportmöglichkeiten in andere, von der Krise womöglich stärker betroffene Länder, noch unter einem übermächtigen Importdruck aus ebensolchen Ländern zu leiden gehabt. Es sei gleich an dieser Stelle angeführt, daß der Stromaustausch mit dem Ausland, dessen Einfuhrsaldo im Jahre 1932 seinen Höhepunkt mit 555 GWh erreicht hatte, während einer Periode, die vom Ende der zwanziger Jahre bis in den Krieg hinein reichte, eine ziemlich konstante Importhöhe (Saldo) von 0,5 TWh ergab.

Aus der Übersichtstabelle geht ferner hervor, daß selbst zwischen 1930 und 1935 der Niederspannungsverbrauch noch leicht und stetig zunahm und dadurch in gewissem Rahmen als stabilisierender Faktor wirkte. Es machten sich gegen 1934, in einer Zeit, in der die Krise in Frankreich ihrem Höhepunkt zustrebte, die durchgeführten Tarifänderungen sowie die übrigen Bemühungen auf dem Niederspannungssektor schon bemerkbar, während der Hochspannungsverbrauch der Industrie noch immer auf einem Niveau verharrte, das nahezu um 10 % unter dem von 1930 lag.

Bei den Wasserkraften waren die Jahre zwischen 1923 und 1935 durch einen starken, manchmal sogar stoßweisen Anstieg der Produktionskapazitäten, in Verbindung mit überdurchschnittlichen hydrologischen Bedingungen, gekennzeichnet. Die Jahreswasserführung unterschritt nämlich zwischen 1923 und 1932 nur zweimal und in den Jahren 1923 bis 1937 nur viermal den Normalwert 1). Unter diesen Gesichtspunkten, sowie unter Berücksichtigung der Tatsache, daß der zwar stetig zunehmende Verbundbetrieb noch nicht annähernd in der Lage war, die gebietsmäßig anfallende Überschußenergie in vollem Umfang einer nutzbringenden und damit Einfuhrkohle sparenden Verwendung zuzuführen, muß das beträchtliche Auseinanderklaffen zwischen Produktionsmöglichkeiten und der tatsächlichen Erzeugung sowie der ab 1930 nur gering steigende Anteil des Wasserkraftstromes an der Deckung des stagnierenden Gesamtbedarfs gesehen werden. Einen Überblick

1) Vgl. hierzu nähere Angaben im 'Speziellen Teil' unter VIII/2.

über dieses Brachliegen ungeheurer und im Betrieb äußerst billiger Produktionskräfte gibt die folgende Aufstellung. 1)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
Jahr	MJAV TWh	JAV TWh	Prod. TWh	(1-3) TWh	(2-3) TWh	(3:2) v.H.	Netz km	220 kV km
1930	8,7	10,9	7,5	1,2	3,4	69	2177	168
1931	9,3	10,7	6,4	2,9	4,3	60	2754	168
1932	10,8	11,4	6,4	4,4	5,0	56	2998	168
1933	11,8	10,2	7,3	4,5	2,9	71	3842	588
1934	12,0	10,8	7,9	4,1	2,9	73	4857	1210
1935	12,5	15,0	9,0	3,5	6,0	60	5359	1555
1936	13,0	15,5	9,8	3,2	5,7	63	5758	1557
1937	13,2	14,5	10,9	2,3	3,6	75	6536	1840
1938	13,4	11,5	10,3	3,1	1,2	90	6769	1929
1939	13,6	15,5	12,2	1,4	3,3	79	7377	2052
			Ø pro Jahr: 2,5 3,8					
1956	28,4	26,8	25,9	1,4	0,9	96	19100	10100

Unter dem Eindruck der allgemeinen Wirtschaftsstagnation und der hohen Arbeitslosigkeit kam es dazu, daß sich in der Öffentlichkeit eine Art Gegenbewegung gegen die Wasserkraftwerke erhob; man glaubte, einen unmittelbaren und kurzfristigen Zusammenhang zwischen den in den Flußbetten liegenden Betonmassen und der Arbeitslosigkeit in den Kohlenzechen sowie in den mit diesen verbundenen Industrien feststellen zu können. Zwar war

1) Berechnung, Schätzung und Zusammenstellung nach E.D.F.-Statistik 1955, S. 64/65; der Übersichtlichkeit wegen sind mehrere Zahlen abgerundet. KENNZEICHNUNG DER SPALTEN:

- 1 = mittleres Jahresarbeitsvermögen der jeweiligen Ausrüstung
- 2 = jeweiliges JAV unter Berücksichtigung der Wasserführung
- 3 = tatsächliche Jahreserzeugung
- 4 = theoretisches "Mehrarbeitsvermögen" (im Regeljahr)
- 5 = praktisches "Mehrarbeitsvermögen" (≈ = Überlaufverluste)
- 6 = Ausnutzungsgrad des jeweiligen Arbeitsvermögens (vgl. Sp.2)
- 7 = Länge des Hochspannungs-Verbundnetzes (150 und 220 kV)
- 8 = Länge des 220 kV-Netzes allein

man sich in Fachkreisen darüber im klaren, daß auf längere Sicht die Kosten pro kWh je nach Herkunft ziemlich gleich sein würden. Kurzfristig gesehen sei aber "die Operation Kohle von fühlbar günstigerem wirtschaftlichen und sozialen Wert", da bei ihr der Lohnanteil etwa vier Zehntel der Energiekosten erreichen würde gegenüber nur einem Zehntel bei der Wasserkraftnutzung¹⁾. Diese Angaben sollen und können nicht bestritten werden; die stark situationsbedingten Folgerungen daraus dürften jedoch die Bildung einer energiewirtschaftlichen Konzeption außerordentlich erschwert haben. Sieht es in Zeiten der Vollbeschäftigung nicht genau umgekehrt aus? Wir stoßen in diesem Zusammenhang auf die Frage, ob die Ausbaupolitik der Elektrizitätswirtschaft konjunkturbedingten Erfordernissen, oder ob ein wünschenswert günstiger Konjunkturverlauf nicht umgekehrt dem Gedeihen der Elektrizitätswirtschaft und damit dem allgemeinen Wohlstand dienen sollte.

Die bedauerliche Entwicklung während der Depression scheint auch der äußere Anlaß für die vom französischen Parlament an die Regierung gerichtete Denkschrift des Jahres 1934²⁾ gewesen zu sein, in der die Forderung nach Organisation und Regelung der französischen Elektrizitätsversorgung auf nationaler Basis ebenfalls durch das Zeitgeschehen begründet wurde. Insbesondere wurde der Staat darin aufgefordert, sich für die ihm in Zukunft zufallenden elektrizitätswirtschaftlichen Aufgaben vorzubereiten.³⁾ Die Denkschrift, die, obwohl sie nicht für eine Verstaatlichung schlechthin eintrat, in vieler Hinsicht als zukunftsweisend bezeichnet werden muß, verlangte unter anderen die folgenden Bemühungen und Einzelmaßnahmen:

Ausbau und Zusammenfassung des Transport- und Verbundnetzes; Kontrolle des Wärmekraftwerkbaues und Regelung der Arbeitsteilung zwischen hydraulischen und thermischen Kraftwerken dadurch, daß jedem Erzeuger über eine zentrale Lastverteilung seine Rolle nach Raum und Zeit zugeteilt wird;

1) E. Mercier, op.cit. S. 8-9; vgl. weitere Angaben hierzu a.a.O.

2) "Rapport fait au nom de la Commission des Usines et de la Force Motrice, chargée d'examiner la proposition de résolution concernant l'ENERGIE ELECTRIQUE EN FRANCE par R.Girard"

3) ebenda, S. 201 ff.

Berücksichtigung einer systematischen Rangfolge beim Einsatz der einzelnen Produktionsmöglichkeiten nach folgendem Schema: Laufwasserkraft, Abfallkohle und Hochofengase, Speicherkraftreserven, Kohle minderen Heizwertes, marktfähige Kohle (Kraftwerke in den Verbrauchszentren); organisatorische und technische Vereinheitlichung der Elektrizitätsverteilung; Befreiung von ausländischer Kohle und Stromimporten; Durchführung von Stromexporten (!) .

Dieses Programm spricht für sich selbst; es umfaßt fast nur Maßnahmen, die heute entweder selbstverständlich erscheinen oder unter den besonderen französischen Verhältnissen inzwischen durchgeführt wurden bzw. noch in der Ausführung stehen.

Dieselbe Denkschrift gibt das Äquivalent der jährlichen Kohleimporte mit 2 TWh an. Zusammen mit dem Stromimportsaldo von durchschnittlich etwa 0,5 TWh ergibt sich daher eine Summe von 2,5 TWh, die durch Verwertung der brachliegenden Wasserkraftkapazitäten leicht hätte gedeckt werden können, selbst wenn man berücksichtigt, daß der durchschnittliche Wert des 'praktischen Mehrarbeitsvermögens' (vgl. die vorhergehende Tabelle, Spalte 5) noch einen beträchtlichen Anteil Schwachlastenergie enthält, der unter den damaligen Bedingungen auf keinen Fall hätte genutzt werden können.

Im Gesamtbild ¹⁾ machte sich nach 1930 immerhin eine leichte Verlagerung zugunsten der Wasserkraft bemerkbar. Dadurch ist auch die kürzere Stagnation (1931 bis 1932) sowie der schnellere Wiederanstieg dieser Stromerzeugung zu erklären. Die Wasserkraftgesellschaften mußten und konnten ihre Energie zu Preisen verkaufen, die viele thermische Werke zur teilweisen oder vollständigen Stilllegung zwangen ²⁾. Schließlich gelang

1) Vgl. die Übersichtstabelle auf S. 46

2) Nach E. Mercier (op.cit. S. 7) setzten sich die Stromerzeugungskosten wie folgt zusammen:

	<u>Wasserkraft</u>	<u>Wärmekraft</u>
Löhne	11 %	44 % (Kohle = 80% Löhne)
verschied. Lasten	9 %	7 %
Kapitalkosten	67 %	29 %
Abschreibung	13 %	20 %

es ihnen auch, die bis dahin noch bestehende Freizügigkeit beim Bau von Wärmekraftwerken umzustoßen (Gesetz vom Jahr 1935). In diesem Jahr übertraf dann die Wasserkraftnutzung zum ersten Mal die thermische Darbietung, um dieser, mit Ausnahme des hydrologisch sehr ungünstigen Jahres 1938, auch weiterhin bis 1945 voranzueilen.

Hand in Hand mit dieser Aufwärtsbewegung ging die tendenzielle Steigerung der Ausnutzung der jeweiligen jährlichen Wasserdarbietung, wie aus Spalte 6 der gebrachten Tabelle hervorgeht. Wenn es schließlich im Jahre 1938 infolge der geringen Niederschläge und der dadurch niedrigen Abflussmengen zu einer 90 %igen Ausnutzung des entsprechenden Arbeitsvermögens kam, so ist als sicher anzunehmen, daß dazu der inzwischen auf nationaler Basis arbeitende Verbundbetrieb erheblich beigetragen hatte ¹⁾.

In den Jahren vor dem zweiten Weltkrieg ging eine Periode ihrem Ende zu, in der alle wesentlichen technischen Verfahren und energiewirtschaftlichen Konzeptionen, die in einer modernen Elektrizitätswirtschaft unerläßlich sind, entwickelt und praktisch angewandt wurden, um im Rahmen einer Wirtschaftsordnung, die die freie Entfaltung aller schöpferischen und produktiven Kräfte erlaubte, die Energieversorgung und damit die Bedingungen der Lebenshaltung zu verbessern. In den folgenden Abschnitten wird zu zeigen sein, daß damit in mancher Hinsicht und aus verschiedenartigen Gründen ein Wendepunkt erreicht worden war, zu dessen Höhe zurückzufinden Aufgabe einer späteren Epoche, jedoch unter veränderten Umständen, sein sollte.

1) Die in den letzten Jahren erreichte Nutzung des Arbeitsvermögens zu etwa 95 % kommt dem erzielbaren Maximum sehr nahe.

IV. DIE ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT UND DER STAAT

(1935 - 1945)

'Die Elektrizitätswirtschaft und der Staat' — so soll die im folgenden zu behandelnde Entwicklungsperiode umschrieben werden, während der alle entscheidenden Impulse letztlich vom Staat und vom politischen Geschehen ausgingen. Dadurch wurde gleichzeitig eine Evolution beschleunigt, die ihren vorläufigen Abschluß mit der Übernahme der Elektrizitätswirtschaft durch die öffentliche Hand fand.

Die Kriegsereignisse, die vor allem den letzten Teil dieser Epoche vollkommen beherrschten, hatten in Hinblick auf die Aktivität und auf den Fortschritt in der Elektrizitätswirtschaft hauptsächlich hemmende Einflüsse gezeigt, die jedoch diesen Sektor der öffentlichen Energieversorgung der 'Verstaatlichungs-Reife' fühlbar nähergebracht haben. 1)

1) Zusätzlich zu den schon genannten Quellen sind für die anschließenden Ausführungen vornehmlich die folgenden Autoren zu Rate gezogen worden:

- L. Besnard: Le développement de la production et de la distribution de l'énergie électrique en France de 1933 - 1938, R.G.E. 1942, S. 5 - 13
- L. Chalmey/I: La reprise des grands travaux d'équipement électrique, La Technique Moderne 1939, S. 127-130
- L. Chalmey/II: Les décrets-loi de 1938 et le programme d'équipement de l'industrie électrique, Annuaire de la Houille Blanche française et des Forces Naturelles mondiales, Paris 1939, S. 13 - 21
- P. Lion: Le rôle du Groupement de l'Electricité dans le financement du programme de travaux, "Sonderheft 1939", S. 7/8
- L. Pondevaux: La production et la consommation françaises d'électricité de 1930-1937, Le Génie Civil 1939, S. 242-243

1. Maßnahmen und Eingriffe des Staates im Bereich der Elektrizitätswirtschaft vor dem zweiten Weltkrieg

Das durch mehrere staatliche Eingriffe in die Elektrizitätswirtschaft gekennzeichnete Jahr 1935 hatte die Aufhebung der noch vorhandenen Freiheit auf dem Produktionssektor gebracht. Ein Erlaß vom 30. August 1935 unterwarf den Bau von Wärmekraftwerken einer vorhergehenden Ermächtigung. Damit hatten die Wasserkraftwirtschaftler, deren Werke schon seit dem Ende des Weltkrieges festen Regelungen unterlagen, einen bedeutenden Erfolg errungen. Sie waren es, die unter dem Absatzrückgang stärker zu leiden hatten; in Anbetracht ihrer anlagebedingten Fixkostenbelastung und ihrer an sich kostenlosen Energiequellen hatten sie keine ins Gewicht fallenden Aufwandssenkungen vornehmen können. Was lag daher näher, als die Errichtung von vorerst überflüssigen, oft Importkohle brennenden thermischen Kraftwerken nur auf die seltenen Fälle zu beschränken, wo im Interesse einer besseren und billigeren Versorgung der Volkswirtschaft ein dringendes Bedürfnis und auch rohstoffmäßig die nötigen Voraussetzungen bestanden ?

In den letzten Vorkriegsjahren hatten daher die Wärmekraftwerke ihre Erzeugung mehr und mehr der schwankenden Wasserkraftdarbietung angepaßt. Kleinere Werke waren während der Depression vielfach stillgelegt worden, größere Anlagen wurden den Erfordernissen der Spitzenproduktion angepaßt ¹⁾, wie überhaupt während dieser Zeit mehr umgebaut als ausgebaut wurde. Installierte und Engpaßleistung erhöhten sich kaum; hingegen wurden alle Anstrengungen gemacht, minderwertige heimische Brennstoffe einer rationellen Stromerzeugung im Zechenrevier zuzuführen. Dabei sind recht beachtliche Erfolge durch Ausnutzung von Abfallkohle, Hochofengasen und Koks erzielt worden.

1) Die außerordentlichen Schwankungen der Wasserkraftdarbietung gehen aus dem folgenden Beispiel hervor: am 17. April 1937 lieferten die Wasserkraftwerke 70 % des Pariser Verbrauchs; ein Jahr später jedoch nur 12 % (M. d'Harcourt, Le rôle des centrales thermiques dans la régularisation de l'énergie d'origine hydraulique, "Sonderheft 1939", S. 21).

Eine andere sehr einschneidende Einwirkung des Staates auf dem Elektrizitätssektor hatte ebenfalls schon im Jahr 1935 stattgefunden. Im Zuge der auf einen Budgetausgleich zielenden allgemeinen Deflationspolitik der Regierung Laval waren alle Staatsausgaben linear um 10 % gekürzt worden. Um den Einkommenverlust großer Bevölkerungskreise auszugleichen, wurde eine Anzahl wichtiger Preise durch Sondergesetze ebenfalls gesenkt. Die Elektrizitätstarife mußten um 10 % herabgesetzt werden. Außerdem wurde auf Betreiben der auch damals sehr einflußreichen Landwirtschaft eine für ganz Frankreich verbindliche Höchstpreisskala für den Kleinabsatz elektrischer Energie aufgestellt, die nach Ortsklassen abgestuft war. Das Ergebnis dieser Eingriffe in die finanzielle Geschäftsführung der Elektrizitätsversorgungsunternehmen waren Stromtarife, die erheblich unter den vorher gültigen lagen; der höchste Lichtstromtarif betrug beispielsweise nur noch 2,9 frs gegenüber vorher 3,5 frs.

Die dadurch verursachte Existenzgefährdung einiger kleiner Werke, die überwiegend ländliche Abnehmer hatten, war vorausgesehen worden. So wurde, um die Elektrifizierung auf dem Lande nicht zusätzlich zu hemmen, eine Ausgleichskasse geschaffen, die durch eine Erhebung auf jede in Orten über 2000 Einwohnern verteilte Kilowattstunde gespeist wurde.

Das Gesetz von 1935 senkte zusammen mit den Stromtarifen auch die Börsenkurse der Elektrizitätswerte und damit den Kredit der Elektrizitätswirtschaft, die von jeher zur Verwirklichung ihrer langfristigen Ausbauvorhaben auf die Sparkapitalien weitester Bevölkerungskreise angewiesen war. Wenn man davon ausgeht, daß nur stetige und stabile Verhältnisse die fortlaufende Planung und Verwirklichung von neuen Anlagen auf diesem Wirtschaftssektor ermöglichen und begünstigen, dürften sich die Maßnahmen von 1935, die im Grunde politischer Natur waren, wirtschaftspolitisch nicht rechtfertigen lassen. Erwähnt sei in diesem Zusammenhang, daß die Senkung der Elektrizitätstarife nach der bald vorgenommenen Franc-Abwertung in einer Welle allgemein steigender Preise unterging und die Strompreise schon 1937 ihren Stand von 1935 wieder überschritten hatten.

Noch eine weitere Maßnahme betraf die Elektrizitätsverteiler; ein Sondergesetz vom Juni 1938 verpflichtete sie zu einer beträchtlichen Vereinheitlichung der Tarife und zur Anwendung besonders angepaßter Haushalts-(Dreitranchen-)tarife, die jedoch erst mit Beginn des Jahres 1939 in Kraft traten 1).

Daß sich der Staat neben seinen direkten Maßnahmen auch mittelbar mit der Entwicklung auf dem Gebiet der Energiepolitik befassen wollte, zeigte sich bei der Schaffung eines neuartigen, jedoch nur beratenden Organes, das neben den Konzessionierungsbehörden entstand: der 'Conseil Supérieur de l'Electricité' setzte sich aus 25 Parlaments- und Industrievertretern, 25 Delegierten der Abnehmerschaft und 25 Repräsentanten der Elektrizitätswirtschaft zusammen. Er sollte sich als unabhängiges Gremium weniger mit Detailfragen als vielmehr mit den großen Zügen der Elektrizitätswirtschaftspolitik befassen 2).

Zusammenfassend ist zu den die Geschäftsführung und die Bewegungsfreiheit der Elektrizitätsunternehmen empfindlich treffenden Staatseingriffen festzustellen, daß sie in keiner Weise geeignet waren, die inolge der Depression sowieso stark beeinträchtigte Aktivität dieses wichtigen Wirtschaftszweiges zu fördern. Eine der Folgen dieser Politik war, daß auch ab 1936 3) angesichts der damals noch vorhandenen Kapazitätsreserven keine neuen Wasserkraftvorhaben begonnen wurden, was infolge der sich dann überstürzenden allgemeinen Entwicklung schon wenige Jahre später zu erheblichen Lücken in der Stromversorgung führen mußte.

Bis zum Jahre 1938 hatte sich noch nicht allzuviel geändert. Die vorhandenen Kraftwerke waren den Verbrauchsanforderungen immer noch gewachsen, obwohl die Niederschläge in diesem Jahre sehr gering waren. Es war eher die allgemeine politische Lage, die zu Zweifeln Anlaß gab, ob der Energiebedarf einer ver-

1) L'activité de l'industrie électrique en 1938, Electricité 1939, S. 178/179 (Verfasser unbekannt)

2) A. Antoine, La distribution de l'énergie, Vortrag vor dem Centre Polytechniciens d'Etudes Economiques, März 1937

3) Ab 1936 zeigte sich wieder ein stetiges Anwachsen des Stromverbrauchs.

stärkten Aufrüstung befriedigt werden könne. Dieser veränderten Situation paßte sich der Staat mit am schnellsten an, indem er durch zwei Erlasse verschiedenen Maßnahmen zur Sicherung der Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft, besonders zur Erleichterung von Investitionen, traf. Es sollten nun die während der letzten Jahre eingetretenen wenig günstigen Bedingungen auf diesem Sektor verbessert werden.

Das entscheidende Ereignis der letzten Vorkriegszeit war jedoch die Ausarbeitung des sogenannten "Programme 1938", in dem sich die Elektrizitätsunternehmen verpflichteten, in den kommenden fünf Jahren aus eigenen Mitteln mehrere Milliarden frs zur Verbesserung und Erweiterung der Elektrizitätsversorgung zu investieren. ¹⁾ Davon sollten etwa 2,5 Milliarden zum Ausbau von Wasserkraftanlagen mit einer Arbeitskapazität von rund 2 TWh und fast der gleiche Betrag zum Ausbau des Übertragungsnetzes sowie der Verteilungsanlagen dienen. Auch die elektrische Zugförderung sollte erweitert werden. Auf der Produktionsseite kamen noch die beiden Mammutprojekte der gemischtwirtschaftlichen Gesellschaften, Génissiat an der Rhône und L'Aigle an der Dordogne, hinzu, die heute allein eine Jahreserzeugung von fast 2 TWh gewährleisten.

Es waren offensichtlich strategische und verteidigungspolitische Gründe, die zu einem solchen rein wasserkraftmäßig orientierten Programm führten; man war sich im klaren darüber, daß im Kriegsfall neben einer allgemeinen Brennstoffverknappung vor allem mit Feindeinwirkungen auf Förderung und Abtransport der in den grenznahen Gebieten liegenden Kohle gerechnet werden mußte.

Die in das Programm aufgenommenen Vorhaben selbst waren durch die Vorrangstellung der Regulierungs- und Spitzenenergie gekennzeichnet, was allein aus den Charakteristiken der beiden Vorhaben Génissiat und L'Aigle hervorgeht.

Um die Finanzierung und Koordinierung der gewaltigen Bauvorhaben zu gewährleisten, wurde von den am Programm beteiligten

1) Vgl. hierzu L. Chalmev/II, op.cit. und L. Pondevaux, op.cit.

Unternehmen im Juli 1938 das 'Groupement de l'Electricité S.A.' ¹⁾ mit einem Kapital von 200 Mill.frs gegründet. Diese Gemeinschaftsorganisation, die ihr Kapital bei Bedarf selbständig auf 400 Mill.frs erhöhen konnte, trat auf dem Kapitalmarkt als Anleihenehmer für die zugehörigen Elektrizitätsgesellschaften auf und fand, dank ihrer guten Kreditwürdigkeit, für die erste Anleihe von 500 Mill.frs eine sehr gute Aufnahme. Wie P. Lion in seiner Betrachtung näher ausführt ²⁾, war es neben der reinen Beschaffungsfunktion eine der wesentlichen Aufgaben des 'Groupement', Übereinstimmung und Zusammenfallen von Höhe und Fristigkeit der Kreditnahme (und Weiterleitung) mit dem durch die Bauarbeiten gegebenen Kapitalbedarf herzustellen und die nötigen Mittel zu kapitalmarktmäßig günstigen Zeitpunkten aufzunehmen. Ein sichtbares Ergebnis dieser Bemühungen war die Begebung der zweiten Anleihe (200 Mill.frs), die zu einem um 1 % niedrigeren Zinssatz als die vorhergehende erfolgen konnte.

Die Aktion von 1938 wurde von öffentlicher wie privater Seite mit wohlwollend-nationalbetonten Kommentaren in recht idealistischer Weise gewürdigt, wie beispielsweise: "..... zeigt Initiative, Solidarität und den Willen, der Volkswirtschaft auf die Beine zu helfen und zur Landesverteidigung beizutragen" ³⁾ oder: "Es ist immer eine Aktion des Glaubens an die Größe und das Gedeihen der Nation, wenn man wie die Elektrizitätswirtschaft gewaltige Kapitalinvestitionen für den Bau von Anlagen, die nur auf lange Sicht rentabel sein können, vornimmt ". ⁴⁾

1) "Organisme coopératif de crédit de toute l'industrie électrique, destiné à émettre dans le public, aux moments appropriés, des larges tranches d'emprunts, et à approvisionner ainsi en capitaux l'exécution du programme de travaux" (P. Lion, op.cit. S. 7)

2) Ebenda, S. 7 u. 8

3) La situation de l'industrie électrique française et ses perspectives d'avenir, Electricité 1938, S. 226-227, (Verfasser unbekannt)

4) Der damalige Minister für öffentliche Arbeiten, A. de Monzie, in der Einleitung zum "Sonderheft 1939"

Nach den in der Zwischenzeit eingetretenen Ereignissen wird man dazu neigen, in den Vorgängen des Jahres 1938 ein Übereinkommen zwischen den Unternehmen und dem Staat zu sehen, dem — mehr oder minder unbewußt — der Charakter eines einfachen Geschäftes innewohnte. Um den Elektrizitätssektor vorläufig von Erschwerungen oder weitergehenden Staatseingriffen zu bewahren, hatte man sich zur sofortigen Durchführung eines teilweise schon vorgesehenen Programmes ohne finanzielle Unterstützung des Staates verpflichtet. Diese Verpflichtung stellt schließlich nichts anderes dar als eine Entlastung des Staates bei einem Vorhaben, das im Interesse der nationalen Verteidigung von allererster Dringlichkeit schien und nicht aufgeschoben werden durfte.

Gleichzeitig konnten die privatwirtschaftlich organisierten Elektrizitätsunternehmen in ihrer Gesamtheit bei dieser Aktion beweisen, daß sie auch größten Aufgaben, die in übergeordnetem Interesse an sie herantraten, bei gesicherter Betätigungsfreiheit in vollem Maße gewachsen sein würden.

2. Die Stromversorgungs-krise während des Krieges

Im Jahre 1939 hatten Bauarbeiten begonnen, die einem Betrag von etwa 1,2 Mrd. frs entsprachen. Auf einem Teilgebiet, nämlich dem des Verbundbetriebes, waren auch in den Vorjahren schon erhebliche Fortschritte zu verzeichnen gewesen. Im Jahre 1936 war zum ersten Mal der gleichzeitige Verbund aller großen französischen Netze und damit der Parallelbetrieb der daran angeschlossenen Kraftwerke verwirklicht worden. Alpen, Zentralmassiv, Rheinwasserkraft sowie die Wärmekraftwerke des Nordens standen über Paris miteinander im Verbund; Frankreich besaß nun eine technisch zusammengefaßte Elektrizitätsversorgung, die wie ein Block auf den beiden großen Pfeilern der Wärme- und Wasserkraftwerke ruhte.

Dies war das Ergebnis einer langwierigen Arbeit; in den 15 Jahren von 1924 bis 1938 waren etwa 2 Mrd. frs in das Hochspannungsnetz investiert worden ¹⁾. Nun galt es, die 220 kV-Leitungen von Paris nach allen Richtungen ²⁾ weiter auszubauen und das unterlagerte 90 - 150 kV-Netz auf die einheitliche Spannung von 150 kV zu bringen. Leitender Gesichtspunkt bei allen Übertragungsnetzvorhaben war die noch zu verbessernde Zusammenarbeit zwischen hydraulischer und thermischer Erzeugung.

Das Verbundnetz war daher von erstrangiger Bedeutung für die Landesverteidigung. So griff die Staatsgewalt 1941 auf diesem Sektor ein. Die Aufspaltung der 220 kV-Leitungen auf 38 Gesellschaften konnte nicht zu einem optimalen Betrieb des Netzes und der nun im Vordergrund stehenden Wasserkraftwerke beitragen. Der Staat nahm daher im September 1941, als gerade wieder 600 km 220 kV-Leitungen in Betrieb gegangen waren, eine Zentralisierung und Neugruppierung der Stromtransportunternehmen zu drei Fusionsgesellschaften vor, die nach folgender Arbeitsteilung betrieben wurden: Verbindung zwischen den thermischen Werken des Nordens und Paris; Verbindung zwischen dem Westen, dem Zentralmassiv und Paris; Verbindung zwischen den Alpen, Paris und dem übrigen Frankreich.

Aber auch die Verbesserung des Verbundbetriebes konnte den Zusammenbruch der französischen Elektrizitätsversorgung während des Krieges nicht verhindern. Die seehafenorientierten Werke waren von ihren Kohlenlieferanten in England und Übersee abgeschnitten, während der Norden Frankreichs in der Sperrzone des besetzten Gebietes lag. Das Elsaß war nun deutsches Zollinland, und die im unbesetzten Teil des Landes verbliebenen Kohlengruben reichten nicht annähernd für eine genügende Versorgung

-
- 1) M. Clément, La part des ouvrages de transport d'énergie dans le programme général d'équipement électrique, "Sonderheft 1939", S. 67-69
 - 2) Auf Grund seiner standort- und mengenmäßig besonderen Produktionsstruktur besaß Frankreich schon vor dem zweiten Weltkrieg das dichteste Verbundnetz aller Länder; dieses Netz war, wie vorher die französischen Verkehrslinien, in seinen großen Zügen von der Metropole ausstrahlend angelegt worden.

aus. So begann sich ab Winter 1940/41 eine nationale Energiekrise zu entwickeln; die thermische Stromerzeugung im unbesetzten Gebiet mußte eingeschränkt werden. Ein Ausgleich durch die Wasserkraftanlagen konnte nicht im nötigen Umfang hergestellt werden, zumal die 1939 begonnenen Vorhaben noch nicht annähernd beendet waren.

Die Durchführung der Bauarbeiten, die gleich bei Kriegsbeginn beschleunigt worden war, hatte sich durch die inzwischen eingetretenen Störungen stark verlangsamt. Es herrschte großer Mangel an Arbeitskräften und Material. Ab November wurden die Baustellen direkt durch die deutschen Besatzungsbehörden kontrolliert, was zur vollkommenen Stilllegung gewisser Vorhaben führte. Mit den verbleibenden Bauten kam man wegen Sabotage oder sonstiger Schwierigkeiten nur sehr langsam voran. 1)

In der Elektrizitätsversorgung hatte die allgemeine Rationierung des Stromverbrauches mit dem 1. September 1941 begonnen. Weitere Einschränkungen folgten am 15. Oktober; man opferte den Haushaltsverbrauch zugunsten der Industrie, mit Beschränkungen zwischen 10 und 30 %, je nach der Höhe der bisherigen Abnahme. Aber schon am Ende des Jahres wurde eine vierzehntägige Schließung der Industriebetriebe (ausgenommen öffentliche Dienste und Hochöfen u.a.) durchgeführt. Ab Januar 1942 folgten weitere Maßnahmen, so beispielsweise die gesetzliche Stilllegung von Betrieben (Baumwollverarbeitung), und eine erneute Einschränkung des Haushaltsverbrauches auf 50 % und weniger. 2) Trotzdem nahm der Niederspannungsstromabsatz während des Krieges noch zu, da wegen der allgemeinen Brennstoffknappheit die Elektrizitätsverwendungen im Gewerbe, aber auch in den Haushalten erheblich gesteigert wurden.

Neben den üblichen Erschwernissen in der Stromerzeugung machten sich die ab 1942 folgenden trockenen Jahre und schließlich die im Zuge von Kampfhandlungen entstandenen Zerstörungen einzelner Anlagen besonders unangenehm bemerkbar.

1) L'énergie électrique en France, Paris 1951 (op.cit.) S.19

2) R. Kaestlin, op.cit. S. 14 - 16

Die Entwicklung in der Elektrizitätswirtschaft während des Krieges geht aus der folgenden Übersicht hervor: 1)

Jahr	WASSERKRAFT				WÄRMEKRAFT		Prod. + Imp. TWh	VERBRAUCH	
	MJAV TWh	Sp.K. TWh	Hydr. Koef.	Prod. TWh	I.L. GW	Prod. TWh		H-Sp. TWh	N-Sp. TWh
1938	13,5	749	0,85	10,3	6,0	10,4	21,1	14,5	3,2
1939	13,6	749	1,14	12,2	6,0	9,8	22,3	16,05	3,05
1940	13,7	766	1,15	11,8	5,9	6,85	19,1	13,55	2,55
1941	13,9	827	1,10	12,3	5,9	8,0	20,95	14,1	3,3
1942	14,1	825	0,89	10,5	5,9	9,55	20,4	13,6	3,3
1943	14,1	875	0,90	11,3	6,0	9,8	21,1	14,1	3,45
1944	13,3	914	0,97	9,1	5,6	6,9	16,0	9,55	3,25
1945	13,6	1119	0,90	10,2	5,5	8,2	19,1	11,3	4,25
1946	14,8	1184	0,88	11,2	5,5	11,6	24,4	16,0	4,7

Auch der Stromaustausch mit dem Ausland wurde durch Kriegseinwirkungen stark beeinflusst, was in den fast ausgeglichenen Salden der Jahre 1943 und 1944 deutlich zum Ausdruck kommt. Einerseits waren Zwangsexporte nach Deutschland durchzuführen, andererseits konnten Stromeinfuhren nicht oder nur teilweise im gewohnten Umfang vorgenommen werden, wie beispielsweise aus Belgien und aus der Schweiz.

So war der Verlauf der Jahre ab 1942 durch unzählige Einschränkungen und Rationalisierungsmaßnahmen sowie durch häufige Abschaltungen und Netzzusammenbrüche gekennzeichnet, unter denen die noch vorhandene industrielle Aktivität besonders zu leiden hatte. Absoluter Tiefpunkt der hydraulischen wie der thermischen Darbietung war das Jahr 1944 mit einer Gesamterzeugung von 16 TWh; eine Ziffer, die schon einmal 15 Jahre vorher überschritten worden war.

1) Zusammengestellt und abgerundet nach E.D.F.-Statistik 1954, S. 62 u. 63; es ist zu beachten, daß alle Werte für das gesamte französische Staatsgebiet gelten, also auch die Wärmekraftdarbietung der besetzten Gebiete enthalten.

Die französische Elektrizitätswirtschaft war gegen Ende des Krieges an einem Tiefpunkt angelangt, der sich in einer technisch wie wirtschaftlich beispiellosen Verringerung ihrer Leistungsfähigkeit äußerte und unter den katastrophalen gesamtwirtschaftlichen und politischen Bedingungen sowie angesichts der geringen Entfaltungsmöglichkeiten jeder privatwirtschaftlichen Initiative zur Zeit der Befreiung zu keinen großartigen Hoffnungen Anlaß geben konnte.

Zusätzlich machten sich nun die inzwischen von mehreren Seiten ausgehenden und immer deutlichere Umrisse annehmenden Bestrebungen bemerkbar, die gesamte Energiewirtschaft, so bald und so vollständig wie möglich, in die Hände des Staates (bzw. der Allgemeinheit) zu überführen.

Über kurz oder lang mußte der endgültige Abschluß einer Entwicklung eintreten, deren letztes Stadium kurz vor dem Kriege wie folgt charakterisiert worden war: 1) "Das Stadium des Individualismus in der Elektrizitätswirtschaft ist in jeder Weise vorüber, wenn nicht vergessen; die beginnende Etappe wird durch wahrhaft nationale Einheit in der Erzeugung und der Verteilung der elektrischen Energie gekennzeichnet sein". Es konnte sich jetzt nur noch darum handeln, diesen schon bestehenden Zustand auch in materieller Hinsicht (Enteignung) herbeizuführen und ihm gesetzlich wie auch verwaltungsmäßig und institutionell eine dauerhafte Grundlage (öffentliches Unternehmen) zu schaffen.

1) A. de Monzie in der Einführung zum "Sonderheft 1939", op.cit.

V. DIE NATIONALISIERUNG DER ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT

Mit der nach dem zweiten Weltkrieg vorgenommenen Nationalisierung der Elektrizitätswirtschaft erfolgte derjenige Eingriff, der mit seinem endgültigen und abschließenden Charakter die bedeutendsten Auswirkungen auf die Gestaltung dieser Schlüsselindustrie während ihres Bestehens zeitigte. Unter diesen Auswirkungen darf vereinfachend zwischen rechtlichen, wirtschaftlichen und technischen unterschieden werden, wobei die beiden letzten Gesichtspunkte im Rahmen der späteren Abhandlung in angemessener Weise zur Geltung kommen werden. Anders die rechtliche Seite, über die, vor allem hinsichtlich der Verstaatlichung selbst, eine umfangreiche Spezialliteratur besteht, und die nur in größten Umrissen zu behandeln Aufgabe des folgenden Abschnittes sein darf. Insbesondere verbietet sich eine ausführliche Würdigung der rechtlichen Probleme, die bei jeder staatspolitischen Maßnahme von solcher Tragweite aufzutauchen pflegen. So muß auch auf eine eingehende Darlegung der politischen Motive und Triebkräfte verzichtet werden, die beim Zustandekommen der Nationalisierung wirksam waren; sie sind für einen Außenstehenden ohnehin schwer zu überblicken, umsomehr, als es sich hier um Einflüsse handelte, die in dem zeitlichen Niemandsland zwischen Kriegszeit und Frieden wirksam wurden, als, durch kräftemäßiges Zusammen- oder Gegeneinanderspiel von verfassungsmäßig umstrittenen und politisch labilen Gruppen bedingt, chaotische Verhältnisse vorherrschten. ¹⁾

1) Wichtige Literatur für diesen Abschnitt:

- J.-M. Auby, La nationalisation du gaz et de l'électricité, (Les nationalisations en France), Recueil Sirey, Paris 1948
Ch. Blaevoet, Nationalisations: Electricité, Gaz (Dalloz 1947)
M. Conte, Législation et réglementation de la production et de la distribution de l'énergie électrique, (Schulungsvorträge), E.D.F.-Manuskript, Paris 1951
Electricité de France, Comptes de Gestion et Rapport d'Activité, 1946-49, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956
Journal Officiel, Loi Nr.46.628 du 8 avril 1946 (Nationalis.)
R. Roblot, La nationalisation du gaz et de l'électricité, R.D.S. Mai 1946
G. Vedel, La technique des nationalisations, R.D.S. F./M.1947

1. Vorgeschichte und Umfang der Nationalisierung

Wie in vielen anderen Ländern hat es auch in Frankreich schon recht frühzeitig nicht an Vorschlägen und Forderungen gefehlt, die auf eine Verstaatlichung der Energieversorgung zielten; hier sei vor allem an die Confédération Générale du Travail (C.G.T.) erinnert, die seit 1921 in deutlicher Form für die Nationalisierung dieses Sektors eintrat. In ihrem Organ, der Revue Syndicale, Economique et Sociale, finden wir 1937 erneut einen Aufruf, endlich die Energieproduktion in die Hände der Allgemeinheit zu legen ¹⁾. Hier werden, wie schon üblich, Trustbildung und monopolistische Methoden herausgestellt und den Elektrizitätsunternehmen eine schlechte Ausnutzung der Wasserkräfte sowie eine Überhöhung der Tarife vorgeworfen.

In ein akutes Stadium trat der Verstaatlichungsgedanke jedoch erst gegen Ende des letzten Krieges ein; als treibende Kräfte erwiesen sich die in Nordafrika residierenden Befreiungs- und Widerstandsgruppen, insbesondere der 'nationale Widerstandsrat' in Algier unter General de Gaulle. Dieser kündigte am 5. März 1945 ein Programm an, das die Nationalisierung von Strom und Gas betraf. ²⁾

Schon vorher hatte sich unter dem Vorsitz des C.N.R.-Präsidenten Léon Perrier eine Kommission beim Industrie-Ministerium gebildet; sie legte ihren Bericht am 31. Juli 1945 vor. Die provisorische Nationalversammlung nahm ihrerseits einen in dieselbe Richtung zielenden Vorschlag auf einen Entwurf hin an, der von dem nationalen Widerstandsrat, der C.G.T., der C.F.T.C. und von Vereinigungen der Regien, der Techniker, der Ingenieure sowie der Straßenbeleuchtungsbeamten aufgestellt worden war. Auch ein französischer Bürgermeisterkongress vom November 1945 forderte die Regierung auf, einen Gesetzentwurf über die Energie-Verstaatlichung vorzulegen.

Zu Beginn des Jahres 1946 folgten ausführliche Debatten in der gesetzgebenden Versammlung, in deren Verlauf einige wesent-

1) Heft Nr. 3 vom September 1937

2) A. Sensoy, Le mouvement des nationalisations en France (Diss.) Genf 1952

liche Züge des vom Industrie-Ministerium ausgearbeiteten Entwurfes fallen gelassen wurden. Dieser hatte einen recht umfassenden Charakter und daher die restlose Verstaatlichung von Elektrizität und Gas in einem gemeinsamen Organismus vorgesehen. Die parlamentarische Diskussion führte zu Abänderungsvorschlägen verschiedener politischer Gruppen, denen die zuständige Kommission unter Paul Ramadier manche Gesichtspunkte entlehnte. Der Entwurf dieser Kommission wurde schließlich, nach mehrtägigen lebhaft geführten Debatten, zum "Gesetz Nr. 46.628 vom 8. April 1946 über die Nationalisierung von Elektrizität und Gas".

Es unterschied sich hinsichtlich Ausmaß und Durchführung vom ursprünglichen Vorschlag vor allem durch eine deutliche "Milderung". Anstelle der vollständigen trat die Nationalisierung auf einem immerhin begrenzten Bereich, und anstatt staatlicher Regien auf departementaler Basis sowie eines für Elektrizität und Gas gemeinsamen übergeordneten Unternehmens entstanden zwei getrennte Betriebsgesellschaften auf nationaler Basis, die in ihrer Geschäftsführung zum größeren Teil — wie auch die ehemaligen Gesellschaften — den privatrechtlichen Bestimmungen unterworfen sind.

Die für die Verstaatlichung geltend gemachten rechtlichen Argumente standen mittel- oder unmittelbar unter einem Leitsatz, der schon bei vielen früheren Gesetzesakten Pate gestanden hatte: "Die Elektrizitätsunternehmen wirtschaften mit Gütern, vor allem mit Wasserkraft, die nicht ihnen selbst gehören, sondern nationales Eigentum sind". In der Tat waren ja alle früher gegebenen Konzessionen nach diesem Gesichtspunkt gestaltet worden und sahen einen Heimfall nach 75 Jahren oder sogar eine vorzeitige Rückkaufsmöglichkeit seitens des Staates vor. Wenn man hiervon ausgeht, handelte es sich bei der Verstaatlichung freilich nur um eine zeitliche Vorwegnahme des materiellen Heimfalls der bestehenden Anlagen.

Im übrigen gingen die meisten der vorgebrachten Gesichtspunkte weniger von öffentlichrechtlichen oder moralischen Wertungsmaßstäben als vielmehr von der vorhandenen Tatsituation aus. Man wollte also durch Zentralisation, Organisation und

Koordination in dem fraglichen Wirtschaftssektor eine Verbesserung herbeiführen.

In der parlamentarischen Debatte wurden auch Argumente gebraucht, die das Verhalten der Leiter der großen Elektrizitätsunternehmen anprangerten; so, wenn beispielsweise behauptet wurde, daß diese im Rahmen einer egoistischen Interessenpolitik den Ausbau und den Betrieb der Wasserkräfte zugunsten der schneller rentabel arbeitenden thermischen Anlagen vernachlässigt hätten. Abgesehen davon, daß der Versuch, wirtschaftliche Tatbestände mit moralischen Maßstäben zu messen, in den meisten Fällen zu ähnlich negativen Ergebnissen führen müßte, darf auf keinen Fall übersehen werden, daß der Staat eine solche Entwicklung selbst durch seine gesetzgeberischen Maßnahmen begünstigt oder sogar gefördert hatte und von sich aus nur etwas dagegen unternahm, wenn gerade Überlegungen der Landesverteidigung im Vordergrund standen, wie während des ersten Weltkrieges oder erneut nach 1938.

Auch wurden alle die Zustände gegeißelt, die bisher fast überall Grundlage für den Ruf nach Sozialisierung oder Nationalisierung waren oder andersartige Gegenmaßnahmen begründeten: Entstehung, Förderung und gesetzwidrige Ausnutzung wirtschaftlicher Macht, Monopolisierung und Ausschaltung des freien Wettbewerbs. Deutlich wurden antikapitalistische Ressentiments sichtbar, um deren reale Grundlagen es jedoch teilweise recht schlecht bestellt war. Da die Papiere der französischen Elektrizitätsunternehmen schon seit Jahrzehnten zu den stabilsten und sichersten Werten zählten, waren sie gerade bei den Sparern sehr beliebt und erfreuten sich daher einer außerordentlich breiten Streuung im Publikum.

Das bestimmende wirtschaftspolitische Moment, das für die Verstaatlichung sprach, muß in den besonderen Verhältnissen der Kriegs- und Nachkriegszeit gesehen werden, als nicht nur Frankreichs Energiewirtschaft sondern auch seine gesamte industrielle Produktion schwer darniederlagen. Es mußte eingegriffen werden, und zwar bald und gründlich. So ist es kaum verwunderlich, daß der Staat Wert darauf legte, "die wichtigsten Zügel, die die wirtschaftliche Aktivität lenken, in die

Hand zu nehmen" 1), um auf diese Weise den im Entstehen begriffenen Monnet-Plan zur Durchführung zu bringen. Man war nach dem Krieg vielfach der Ansicht, daß die privaten Elektrizitätsunternehmen nicht in der Lage sein würden, aus eigener Kraft ein so umfangreiches und für die Volkswirtschaft so wichtiges Programm durchzuführen, wobei man in erster Linie an die Wasserkräfte und die Transport- und Verteilungsanlagen dachte. 2)

Interessanterweise stand die wirtschaftliche Rationalisierung nicht im Vordergrund der zugunsten der Nationalisierung vorgebrachten Argumente; man schien sich, in Hinblick auf die bei der S.N.C.F. und bei den Reedereien gemachten Erfahrungen, dieserhalb nicht allzuviel zu erwarten.

Gründe technischer Art standen unter dem Postulat einer optimalen Ausnutzung der Wasserkräfte, die auch nach dem letzten Krieg wieder als Rettung aus dem chronischen Mangel an festen Brennstoffen propagiert wurden. War also auf wirtschaftlicher Seite die Durchführung des gewaltigen Aufbauprogrammes zu gewährleisten, so handelte es sich auf dem technischen Sektor vor allem um die zentralgelenkte Koordinierung der hydrologisch verschiedenartigen Wasserkraftdarbietungen untereinander und mit der thermischen Produktion, um dem schnell wachsenden Strombedarf gerecht zu werden. Auf diesem Gebiet konnte noch manches geschehen, selbst wenn man von weiteren technischen Vereinheitlichungen einmal absieht.

In Frankreich war man sich nicht erst nach dem Krieg darüber klar geworden, daß auf längere Sicht nur die Wahl zwischen einem das gesamte Staatsgebiet umfassenden Elektrizitätstrust auf privatwirtschaftlicher Basis oder einem ähnlichen Gebilde in staatlicher Hand bestehen würde. Das Gesetz vom April 1946 hatte die Entscheidung gebracht: dem kürzeren aber zugleich schmerzvolleren Umwandlungsprozeß wurde der Vorzug gegenüber einer langandauernden und schwer übersehbaren Entwicklung gegeben.

1) A. Sensoy, op.cit. S. 195

2) Vgl. die Wasserkraftbewegung nach dem ersten Weltkrieg.

Nach dem Gesetz vom 8. April 1946 wurden grundsätzlich "Produktion, Transport, Verteilung, Import und Export von Elektrizität nationalisiert" (Art. 1). Es waren jedoch verschiedene Ausnahmen und Sonderregelungen vorgesehen, die sich im wesentlichen aus denselben Überlegungen ergeben hatten, die für die Verstaatlichung selbst maßgebend gewesen waren.

Bei den Unternehmen, " deren hauptsächliche Tätigkeit in der Produktion, im Transport oder in der Verteilung von Elektrizität liegt, und deren gesamte Rechte, Vermögen und Verpflichtungen unter die Bestimmungen des Nationalisierungsgesetzes fallen" (Art.6), wurden zwei Kategorien von der Verstaatlichung ausgenommen: Stromerzeuger, deren mittlere Jahresabgabe 1942 und 1943 unter 12 GWh gelegen hatte, jedoch nur unter der Voraussetzung, daß ihre Produktion auch weiterhin 15 GWh nicht übersteigen würde (Art.8), und Unternehmen genossenschaftlicher oder landwirtschaftlichen Charakters. Ähnliches gilt für die Compagnie Nationale du Rhône, jedoch mit der Maßgabe, daß die privaten Kapitalanteile ebenfalls unter das Gesetz fallen. Ausgeschlossen von den neuen Bestimmungen blieben außerdem die sowieso schon unter öffentlicher Kontrolle befindlichen Kraftwerke der S.N.C.F. und der nationalisierten Kohlengruben, die nun allerdings unter die Leitung von sogenannten 'gemischten Komitees' ¹⁾ gestellt wurden, um die Koordination mit dem übrigen Netz herzustellen.

Auch die Kraftwerke der Elektrochemie- und -metallurgiegesellschaften gingen in das Eigentum des Staates über, wurden der Leitung und Aufsicht gemischter Komitees anvertraut, lieferten jedoch weiterhin ihren Strom an die mit ihnen organisch verbundenen Produktionen.

Die im Gesetz vorgesehene Vermögensübertragung fand im Wege der Enteignung gegen Entschädigung statt. Im Falle von Aktiengesellschaften wurde ihre Durchführung sehr erleichtert, indem der Staat an die Stelle der Aktionäre trat. Schwierigkeiten entstanden beim Übergang der Mehrzahl aller Unternehmen, die hinsichtlich Gesellschafts- und Konzessionsstatus ebenso wie

1) Die gemischten Komitees wurden paritätisch von der betreffenden Unternehmen und der E.D.F. gebildet.

nach alters-, aufgabenbedingten und technischen Gesichtspunkten von allergrößter Verschiedenheit waren. Dies sollte sich in erhöhtem Maße bei der Feststellung der Entschädigungsansprüche auswirken. Zu deren Bearbeitung mußten neben der 'Caisse Nationale de l'Energie', der die finanzielle Abwicklung der Entschädigungen oblag, noch acht Kommissionen gebildet werden, um die Bewertung der übertragenen Anlagen vorzunehmen und die Höhe der Entschädigungsbeträge festzusetzen.

Bei den wenigen Aktiengesellschaften, deren Aktien an der Börse notiert wurden, konnte die Entschädigung verhältnismäßig einfach in Anlehnung an die Börsenkurse errechnet werden. Für die Unternehmen, die nicht unter diese Gruppe fielen, sowie für alle diejenigen, deren Anlagen nur teilweise enteignet wurden, mußten umfangreiche mehrstufige Berechnungsmethoden angewendet werden, um den manchmal recht kompliziert liegenden Verhältnissen einigermaßen gerecht werden zu können.

Der Sachlage entsprechend war es von vornherein ausgeschlossen, daß ein noch so genau ausgeklügeltes Verfahren bei der Berechnung der Entschädigungsansprüche in einer Zeit politischer Verwirrung, wirtschaftlichen Tiefstandes und höchst unstabiler Währungsverhältnisse, wie sie in den Jahren nach 1945 herrschten, den Enteigneten gerechten Ersatz gewährleisten konnte. Es war daher nicht verwunderlich, daß die bevorzugte Behandlung der ausländischen Titelhälter neben zahlreichen Protesten der fremden Regierungen wegen der trotzdem noch zu geringen Entschädigungshöhe erhöhte Unzufriedenheit bei den im Inland Betroffenen erzeugen mußte. Sensoy ¹⁾ schätzt die seit dem ersten Weltkrieg in der französischen Elektrizitätswirtschaft investierten ausländischen Kapitalien auf weit über 5 Mrd.frs/Poincaré, davon allein den Schweizer Anteil auf etwa 3 Mrd.frs und den belgischen auf nahezu 2 Mrd.frs.

Die neben den Gründen international-kreditwirtschaftlicher Art für eine Bevorzugung der ausländischen Beteiligten maßgebenden Gesichtspunkte gehen eindeutig aus einer Äußerung des damaligen Außenministers Bidault hervor: "Nationalisierungen

1) A. Sensoy, op.cit. S. 196

gibt es auch in anderen Ländern; die ausländischen Interessen, die es unter den gegenwärtigen Umständen zu wahren gilt, sind unendlich viel geringer als die französischen Interessen im Ausland". 1) Die Regelung der Auslandsentschädigungen, die stark reziproken Charakter annahm, stand unter den Grundsätzen, daß sie keinen Einfluß irgendwelcher Art auf die Entschädigung der inländischen Anteilseigner haben durfte und durch diese Sonderregelungen die durch Gesetz geschaffenen nationalen Unternehmen nicht belastet werden sollten.

Die Entschädigungsleistung erfolgte allgemein durch Obligationspapiere, die den ehemaligen Anteilsinhabern von der 'Caisse Nationale de l'Energie' zugeteilt wurden; die Ausgabe dieser dreiprozentigen Stücke 2) wurde 1954 beendet. Sie haben eine Laufzeit von 50 Jahren, sind veräußerlich und werden in jährlichen Raten von 2 % der Gesamtsumme zur Rückzahlung ausgelöst.

2. Die ELECTRICITE DE FRANCE als Träger der nationalisierten Elektrizitätswirtschaft

Die in die Hände der Allgemeinheit übergegangenen Elektrizitätsgesellschaften wurden in einem staatlichen Unternehmen mit industriell-kaufmännischem Charakter, der 'Electricité de France - Service National' (E.D.F.) zusammengefaßt. Die E.D.F. besitzt finanzielle Selbständigkeit, darf technisch und wirtschaftlich frei wirken und ist der Steuerpflicht unterworfen. Ihre rechtliche Organisation entspricht nahezu derjenigen der französischen Aktiengesellschaften, jedoch mit der Ausnahme, daß der nicht vorhandenen Aktionäre wegen der Einfluß der Generalversammlung auf mehrere Institutionen aufgeteilt ist.

Exekutivorgane sind der Verwaltungsrat und die Generaldirektion. Der 18-köpfige Verwaltungsrat besteht aus je sechs

- 1) Vgl. hierzu (10 Jahre später !) die französischen Suez-Interessen.
- 2) Genauer: 3 % + variabler zusätzlicher Zinssatz, je nach den Betriebsergebnissen der E.D.F.; die Ausschüttung betrug für das Jahr 1946 beispielsweise etwas mehr als 4 % .

Vertretern des Staates, der Abnehmerschaft und der Betriebsangehörigen. Er schlägt die fünf Generaldirektoren, die durch Ministerialerlaß ernannt werden, vor. Wie schon angedeutet, haben diese Organe weitgehende Handlungsfreiheit bei der Ausübung ihrer Funktionen. Man hatte beabsichtigt, den Leitern der E.D.F. die erforderliche Selbständigkeit und Initiative zu ermöglichen, damit, vor allem während der Zeit des Wiederaufbaues, schnelle und wirksame Entscheidungen getroffen werden konnten. Ziel und Leitidee waren, wie Sensoy zu Recht betont "das elastische und anpassungsfähige Arbeiten eines nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten handelnden Unternehmens mit der Wahrnehmung des allgemeinen und öffentlichen Interesses in Einklang zu bringen. Die Organisation und das Verhältnis zu Dritten lassen privatrechtliche Überlegungen in den Vordergrund treten, während sich die öffentlich-rechtlichen Gesichtspunkte auf finanziellem, technischem und verwaltungsmäßigem Gebiete zeigen."

Die wirtschaftliche Autonomie der E.D.F. schlägt sich in ihrer selbständigen Buchführung und Bilanzierung nieder; sie disponiert über ihre Einnahmen, kann sich das für ihren Bedarf als nötig erachtete Kapital auf dem Anleihewege beschaffen und ist zur Selbstfinanzierung durch mittel- oder unmittelbare Investition ihrer Gewinne ermächtigt.

Die E.D.F. besitzt also weder den Charakter einer staatlichen Regie noch den einer Körperschaft öffentlichen Rechtes. Eine die Verhältnisse ungefähr treffende Bezeichnung wäre die eines konzessionierten Unternehmens, dem der Staat den Betrieb der enteigneten Anlagen übertragen hat und das aus Gründen des Allgemeininteresses im Vergleich zu Aktiengesellschaften eingehenderen Kontrollen seitens der öffentlichen Hand unterworfen ist.

Für die finanzielle Überprüfung der nationalen Dachgesellschaften ist eine eigene Rechnungskammer eingerichtet worden. Die 'Caisse Nationale de l'Energie' (C.N.E.) entstand ebenfalls auf Grund des Nationalisierungsgesetzes. Sie besitzt finanzielle Autonomie und hat die Aufgabe, den nationalisierten Unter-

1) A. Sensoy, op.cit. S. 214

nehmen die Mittel zur Verfügung zu stellen, die für die Durchführung ihrer Aufgaben, vor allem für die Finanzierung des jeweiligen Modernisierungs- und Ausrüstungsplanes, nötig sind. Die 'Kasse' deckt ihr Budget durch Begebung von Anleihen und durch Erhebung einer regelmäßigen jährlichen Summe bei den nationalen Versorgungsunternehmen. Außerdem versieht sie den Amortisations- und Zinsendienst für die von den ehemaligen Gesellschaften begebenen Anleihen, für die von ihr selbst emittierten Stücke und schließlich für die von ihr im Zuge der Entschädigung an die Elektrizitäts-Aktionäre ausgehändigten Titel. Weitere Aufgaben der C.N.E. liegen darin, die Anleiheemissionen der E.D.F. zu kontrollieren und zu koordinieren.

Auch der 'Conseil Supérieur de l'Electricité et du Gaz' entstand auf Grund des Gesetzes vom April 1946; er soll, wie es im Artikel 45 heißt, bei allen Erlassen und Regelungen, die den Elektrizitäts- oder Gassektor betreffen, konsultiert werden. Daneben ist er als Schlichtungsinstanz bei allen Konflikten zwischen den Konzessionsbehörden, dem Staat, der E.D.F. (G.D.F.), den interessierten Unternehmen und den übrigen durch das Nationalisierungsgesetz geschaffenen Institutionen vorgesehen. Der Conseil besteht aus einer paritätischen Vertretung des Parlaments, der öffentlichen Verwaltung, der lokalen Körperschaften, der Abnehmerschaft und der Betriebsangehörigen der E.D.F. und G.D.F.

Schließlich besteht noch eine direkte aber nicht allzu wirksame Beeinflussung durch einen Regierungskommissar, der konsultatives Mitspracherecht im Verwaltungsrat der E.D.F. besitzt. Er vertritt das Ministerium für Industrieproduktion, hat aber kein Vetorecht.

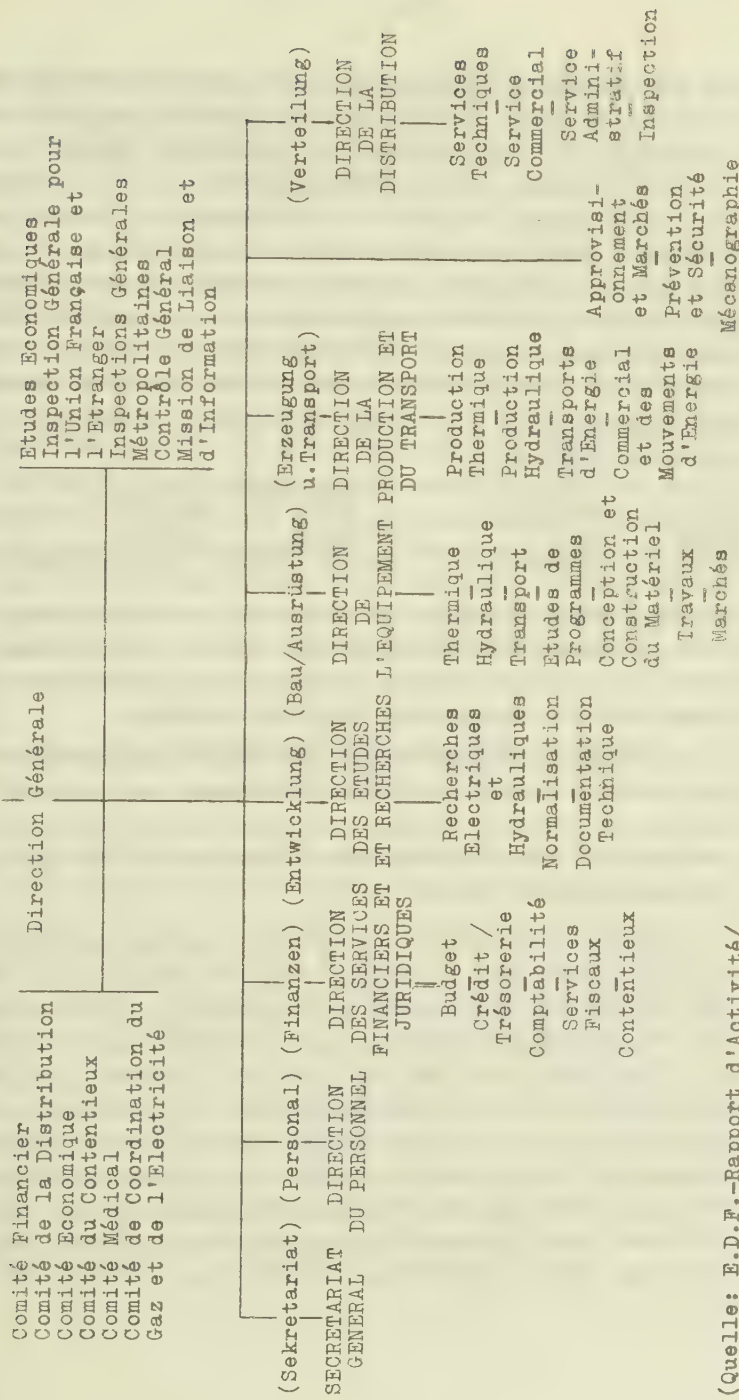
Durch die Gesamtheit aller privat- wie öffentlich-rechtlichen Maßnahmen ist ein Kontrollsystem entstanden, das zusammen mit der unvermeidlichen Schwerfälligkeit eines so gewaltigen Verwaltungsapparates, wie ihn die Staatsunternehmen darstellen, kein übergroßes Maß an Beweglichkeit und Elastizität erlauben kann. Man hat versucht, das freie Wirken der Führungsorgane in den Dienst des Gemeininteresses zu stellen. Bei einer solchen Konstruktion muß es sich um einen Widerspruch in sich handeln,

der niemals vollständig zu beseitigen sein dürfte; das Anstreben der Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens erfordert immer in kleinerem oder größerem Umfange Handlungsweisen und Geschäftsmethoden, die rein materiell dem sogenannten 'Allgemeininteresse' entgegenlaufen müssen. Es soll hier ganzlich von der Frage abgesehen werden, wie man sich in diesem konkreten Fall die Erfüllung aller Aufgaben zum Wohle der Allgemeinheit vorzustellen hat. Man wird dann nämlich aus der Sackgasse nicht mehr herausfinden, die von dem Kernpunkt "Ausgleich der Bilanz = Entlastung der Verwaltung" ausgeht und durch den Zusammenstoß von Notwendigkeiten und Forderungen, die einander oft ausschließen, gekennzeichnet ist: Niedrige Stromtarife; Forderungen der Belegschaft; Verbesserung und Modernisierung der sich ausweitenden Versorgung; Kapitalbedarf/Selbstfinanzierung; wirtschaftspolitische Erfordernisse; u. a. m.

Der organisatorische Aufbau der E.D.F.-Zentralverwaltung, der nach funktionellen Gesichtspunkten ausgerichtet ist, geht aus der auf der folgenden Seite eingefügten Übersicht hervor. Außerordentlich große Bedeutung kommt den seit 1954 geteilten Betriebsabteilungen zu. Sie umfassen alles das, was unter dem Begriff Elektrizitätsversorgung fällt, angefangen beim Betrieb der Kraftwerke über das Hochspannungsverbundnetz bis zur Stromverteilung, deren zentrales Haupt heute eine eigene Abteilung darstellt. Nebengeordnet sind einerseits der technische Führungsbereich mit der Entwicklungs- und der Bauabteilung und andererseits die finanzielle Führung sowie die allgemeinen Verwaltungsabteilungen. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß für den Bereich der E.D.F. ein eigenes Personalgesetz geschaffen wurde, auf Grund dessen dieses Unternehmen selbst Gehälter, Pensionen und Sozialleistungen festsetzen kann.

Die regionale und lokale Organisation der E.D.F. ist durchwegs nach technischen und geographischen Gesichtspunkten aufgebaut und lehnt sich vielfach an die vorhandenen Einrichtungen der früheren Gesellschaften an. So sind die regionalen Untergruppen der zentralen Hauptabteilungen sowohl ihrer Anzahl als auch ihrer geographischen Abgrenzung nach sehr verschiedenartig und dabei zweckentsprechend gestaltet worden.

Conseil d'Administration



(Quelle: E.D.F.-Rapport d'Activité/
Comptes de Gestion, Exercice 1956)

Das engstmaschige Dienststellennetz besitzt die Verteilung, die laut Gesetz (Art. 21) dezentralisiert aufzubauen war und nur vorübergehend, bis zur Schaffung besonderer Organe, von der E.D.F. übernommen wurde. Frankreich ist in 25 Verteilungsgebiete, deren jedes etwa vier Verteilungszentren umfaßt, aufgeteilt. Der eigentliche Stromabsatz erfolgt also von diesen 101 Zentren aus, von denen ungefähr je eines auf ein Departement trifft. — Die Verteilungsdirektion im Rahmen der E.D.F.-Zentralverwaltung hat keine exekutiven Aufgaben, sondern muß als lenkende und koordinierende Institution angesehen werden.

Der Stromtransport ist, ebenso wie die Lastverteilung, in acht Gebiete eingeteilt:

Nord	(Lille)	Sud-Ouest	(Bordeaux)
Est	(Nancy)	Ouest	(Nantes)
Alpes	(Lyon)	Paris	(Paris)
Sud-Est	(Marseille)	Massif Central	(Saint-Etienne)

Auf dem Produktionssektor richtet sich die Unterteilung nach der jeweiligen Produktionsdichte. Bei der thermischen Erzeugung sind es neun Gruppen; die von Lille, Valenciennes und Rouen sind flächenmäßig weitaus die kleinsten.

Ähnlich liegen die Verhältnisse auf dem Wasserkraftsektor. die drei Hochalpensektionen Savoie, Maurienne und Dauphiné vereinigen auf kleinster Fläche sehr große Kraftwerksleistungen, während auf die nördliche Hälfte Frankreichs nur drei der 15 Erzeugungsbezirke fallen.

Die regionale Aufteilung im Bausektor spiegelt besonders deutlich die Schwerpunktbildungen wider: Nordfrankreich, das auf der thermischen Seite sechs Gebiete umfaßt, bildet zusammen nur ein Wasserkraft-Baugebiet. Die hydroelektrischen Vorhaben in den Alpen verteilen sich auf drei 'Regionen'; allerdings bildet das gesamte Rhône-Tal infolge der getrennten Bautätigkeit der C.N.R. einen weiteren (vierten) Sektor. Aufgabe der regionalen Bauabteilungen ist es, die in Gang befindlichen Arbeiten zu leiten und die Studien hinsichtlich neuer Vorhaben zu betreiben. Nach Fertigstellung werden die Kraftwerke der für das jeweilige Gebiet zuständigen Produktionsabteilung übergeben.

VI. DIE FRANZÖSISCHE ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFTSPOLITIK
DER NACHKRIEGSZEIT IM SPIEGEL DER ENERGIEPLÄNE
UND DER KONTROVERSE UM VORRANG VON WÄRME- ODER
WASSERKRAFTAUSBAU

Die Programme, die im Rahmen der französischen 'Modernisierungs- und Ausrüstungspläne' für den Elektrizitätssektor aufgestellt wurden, waren einerseits für die ausführenden öffentlichen Unternehmen (E.D.F. bzw. G.D.F.) Richtschnur und theoretisches Werkzeug und für viele Fachleute Anlaß zu oft heftigen Diskussionen; andererseits spiegelten dieselben Programme und ihre Abänderungen die Gesichtspunkte und Ergebnisse der auf breitester Front ausgetragenen Kontroverse 'Wärme- oder Wasserkraft' sowie die von der E.D.F. gemachten Überlegungen und praktischen Erfahrungen wider. Angesichts dieser wechselseitigen Verflechtung von Theorie, Planung und Praxis soll, soweit es die gebotene Kürze zuläßt, in den Ausführungen über die Energiepläne versucht werden, diesem recht komplexen Sachverhalt Rechnung zu tragen.

1. Der erste "Modernisierungs- und Ausrüstungsplan"
(Monnet-Plan)

Mit der Befreiung im Jahre 1944 war der Augenblick gekommen, den Ausbau der französischen Energieversorgung in großem Stile und auf nationaler Basis voranzutreiben. Fußend auf den Vorkriegsplanungen war schon 1942 ein nationales Ausbauprogramm, der sogenannte 'Plan Décennal', von einer zuständigen Kommission vorgelegt worden. Auf dieses Programm stützte sich der 'Plan de Démarrage' (Anlaufplan) vom November 1944. Er sah auf dem Elektrizitätssektor vor allem die Instandsetzung beschädigter Erzeugungs- und Übertragungsanlagen sowie den Bau von Wasserkraftwerken vor. Dieser Plan mit Übergangscharakter wurde von den Elektrizitätsunternehmen in Angriff genommen, bis das Jahr 1946 einerseits die Nationalisierung, andererseits die Ausarbeitung neuer Programme mit sich brachte.

Im Jahre 1945 hatte der 'Conseil de l'Economie Nationale' mehrfach Studien über energetische Ausbauprobleme durchführen lassen. Auf dieser Basis entstand der 'Ausrüstungsplan 1946', der ziemlich optimistische Ziele hatte, "um eher als Motor denn als Bremse wirken zu können." 1) Der Plan betraf die gesamte Energiewirtschaft; doch begann der Ausbau auf dem Elektrizitätssektor so günstig, daß etwa zwei Drittel der vorgesehenen Mittel hier verwendet wurden. Im Verlauf der wachsenden Elektrizitäts- und Kohlenverknappung entstanden weitere Planungen, die vor allem einen beschleunigten Ausbau der Wasserkräfte, mit einem jährlichen Zuwachs der Arbeitskapazitäten von 2,4 TWh, vorsahen.

Inzwischen erfolgte, im Januar 1946, die Bildung des 'Conseil du Plan de Modernisation et d'Equipement', der unter dem Vorsitz von Jean Monnet arbeitete. Aufgabe dieser Behörde war es, ein langfristiges wirtschaftliches Entwicklungsprogramm auszuarbeiten, das in erster Linie die rationelle Ausnutzung der französischen Energiequellen zum Gegenstand haben sollte. Es war beabsichtigt, durch eine erhebliche Ausweitung der Energie- und Grundstoffherzeugung, die fast durchweg unter die Verstaatlichungsmaßnahmen fiel, das Fundament für eine Belebung der allgemeinen wirtschaftlichen Aktivität zu schaffen.

Die zu erhoffenden Auswirkungen auf die Wirtschafts- und Lebensbedingungen gibt das amtliche Dokument 2) wie folgt an: Entwicklung der nationalen Produktion und des Austausches mit dem Ausland, vor allem auf den Sektoren, wo die französische Position verhältnismäßig günstig ist; allgemeine Produktivitätssteigerung; Sicherung der Vollbeschäftigung; Hebung des Lebensstandards der Bevölkerung und Verbesserung der Wohnungsverhältnisse sowie der sozialen Bedingungen.

Die Unterkommission für den Elektrizitätssektor war eine der ersten, die zusammentraten. Ihre Planungen stützten sich auf eine genaue Erfassung der vorhandenen Erzeugungsmöglichkeiten, auf die Schätzung der zukünftigen Bedarfsentwicklung

1) L'Énergie électrique en France, op.cit. S. 20

2) Rapport Général sur le Premier Plan de Modernisation et d'Equipement, Paris November 1946 (Plancommissariat)

und auf den zu befürwortenden Anteil der Wasser- und Wärmekrafterzeugung an der Deckung des Bedarfs.

Wir haben es hierbei zum ersten Mal mit der Ausarbeitung eines Programmes zu tun, das — auf nationaler Basis — den gesamten Elektrizitätsbereich wirksam beeinflussen sollte und damit am Ausgangspunkt einer einheitlichen Energiepolitik stand. Im Januar 1947 wurde der 'Monnet-Plan' von der Regierung gebilligt, und kurz danach begann seine Durchführung.

Die Ziele des elektrizitätswirtschaftlichen Teilplanes ergaben sich aus den Schätzungen über die Bedarfsentwicklung in den Jahren 1947 - 1951, die ihrerseits auf verschiedenen Enqueten und auf den Planzielen anderer Industrien fußten. Das Planziel für 1951 geht aus der folgenden Übersicht hervor: 1)

<u>S e k t o r</u>	<u>V e r b r a u c h</u>		<u>Zunahme</u>
	(TWh)		(v.H.)
	<u>1938</u>	<u>1951</u>	<u>1938-51</u>
Niederspannungsabnehmer	3,7	7,2	94
versch. Hochspannungsabnehmer	5,9	12,4	110
elektrische Zugförderung	1,3	2,3	76
Elektrochemie und -metallurgie	3,6	5,3	50
Montanindustrie	1,7	3,0	76
Zeichenbedarf	2,0	3,6	80
Gesamtverbrauch	18,2	33,8	85
Übertragungsverluste	2,8	5,7	103
INSGESAMT (= Produktion + Import)	21,1	39,5	88

Zur Verwirklichung dieses Programmes sollte die Erzeugung im Jahresdurchschnitt um 3,5 TWh gesteigert werden:

	<u>1929</u>	<u>1938</u>	<u>1945</u>	<u>1946</u>	<u>1947</u>	<u>1948</u>	<u>1949</u>	<u>1950</u>	<u>1951</u>	
Ges.-Prod.	14,4	20,7	19,1	23,5	26	30	33	37	39,5	TWh
Wasserkr.	6,5	11,6	10,3	13	14	16	19	20,5	23	TWh

Die Produktion war also auf den doppelten Wert der letzten Vorkriegszeit zu heben, wobei der jährliche Ausbauzuwachs ein

1) L'énergie électrique en France, op.cit. S. 36 u. Rapport Général, op.cit. S. 43, Tab. VIII

erheblich gesteigertes Bautempo voraussetzte. Welche Anforderungen dieses Programm an die Bauwirtschaft, in besonderem Maße jedoch an die Materialbeschaffung stellte, sei durch den Hinweis angedeutet, daß der Stahlbedarf — von 280.000 t auf 405.000 t jährlich ansteigend — mit fast 2 Mill. t eingeplant wurde, die nötige Zementmenge mehr als 4 Mill. t und das Holzvolumen mehr als 2 Mill. m³ betrug. Schwierigkeiten machte während dieser Periode allgemeinen Wiederaufbaus auch der Mangel an Arbeitskräften; so wurden in der ersten Zeit noch bis zu 7000 Kriegsgefangene eingesetzt. Die Gesamtzahl der auf den Baustellen Beschäftigten kann mit etwa 40 bis 50.000 beziffert werden.

Die Rangfolge einzelner Erzeugungsarten wurde aus Gründen des Brennstoffmangels wie folgt festgelegt: Ausbau der Wasserkräfte; rationellere Verwertung von nicht marktfähiger Kohle in Zechenkraftwerken und schließlich, soweit erforderlich, Ausbau und Einsatz von verbrauchsorientierten Steinkohlekraftwerken. Man kam damit auf Bestrebungen zurück, die sich schon vor dem Krieg durchzusetzen begonnen hatten.

Auf dem Wasserkraftsektor war es das plötzliche Anlaufen des Programmes, das die Projektauswahl wesentlich beeinflusste. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, wurden begonnene Arbeiten weitergeführt und daneben nur solche Kraftstufen angefangen. Über die eingehende Planungen der ehemaligen Gesellschaften vorlagen. In diesem Rahmen galten für die Wahl der einzelnen Vorhaben folgende Gesichtspunkte: hohe Rentabilität, möglichst geringe Baurisiken und Nichtbehinderung aussichtsreicher Zukunftsprojekte. Eine optimale Nutzung der sehr verschiedenartigen natürlichen Bedingungen wurde ferner dadurch angestrebt, daß Laufwasserkraftanlagen zusammen mit großen Speicherkraftwerken und abwärts von schon vorhandenen Reservoirien errichtet wurden. Durch eine Verdoppelung der Speicherkapazitäten sollte der verhältnismäßige Speicheranteil in der französischen Elektrizitätswirtschaft stark erhöht werden.

Der bis 1951 geplante Anstieg der Wasserkraftnutzung um rund 10 TWh verteilte sich zu fast zwei Drittel auf Alpen, Rhein und Rhône, zu einem Fünftel auf das Zentralmassiv, zu 12 % auf die Pyrenäen und zu 5 % auf die übrigen Gebiete. Hier seien nur die

Schwerpunkte beim Ausbau der etwa 60 Kraftwerke angegeben: In den Alpen der Ausbau der oberen Isère, der Arve, des Drac, des Arc; einzelne Werke an Arly, Romanche, Verdon und Var; am Rhein-Seitenkanal die Errichtung des Werkes Ottmarsheim, an der Rhône die Fertigstellung von Génissiat und Donzère-Mondragon; im Zentralmassiv der Vollausbau der oberen Dordogne und einzelne Anlagen an Loire, Vienne, Tarn und Lot; in den Pyrenäen der Ausbau der 'Gaves' mit ihren Zuflüssen sowie verschiedene Vorhaben an Garonne, Ariège und Adour.

Die bis in die dreißiger Jahre hinein fast ganz vernachlässigte Stromerzeugung durch Hüttenkraftwerke war nach dem Monnet-Plan bis 1951 auf eine Höhe von jährlich 3,8 TWh zu bringen. Die vorhandenen Zechenkraftanlagen sollten modernisiert und die Ausnutzung der Abfallkohle durch mehrere neue Werke weiter intensiviert werden. Die besondere Berücksichtigung gerade dieser Stromerzeugung ergab sich aus der Tatsache, daß in den Kohlengruben Ost- und Nordfrankreichs jährlich mehr als 5 Mill. t Kohlerückstände ohne oder mit nur geringem Marktwert anfallen, die nur durch Veredelung in die höherwertige Energieform Elektrizität wirtschaftlich verwertet werden können.

Die thermische Stromerzeugung, die marktfähige Steinkohle brennt, war nach dem Monnet-Plan zur elastischen Anpassung der Darbietung an den wechselnden Bedarf sowie zur Auffüllung von Versorgungslücken während Zeiten wasserwirtschaftlich bedingter Minderleistung der hydraulischen Kraftwerke bestimmt. Wie auch im Falle der Zechen- und Hüttenanlagen, so ging es hier um eine Senkung des spezifischen Kohleverbrauchs, der bei älteren Werken noch 1500 g/kWh erreichte. Die Aufstellung modernster Turbinensätze mit Leistungen bis zu 100 MW und spezifischen Verbrauchsziffern um 400 g/kWh wurde in Angriff genommen. Auf diese Weise sollte der Verbrauch von hochwertiger Kohle in der Elektrizitätserzeugung von 4,5 Mill. t (1947) auf 2,5 Mill. t im Jahre 1951 gedrückt werden — eines derjenigen Planziele, die infolge verschiedenartiger Schwierigkeiten am allerwenigsten Wirklichkeit wurden.

Auf dem Transport- und Verteilungssektor war ganz allgemein die Vervollständigung, die Ergänzung und die Vereinheitlichung

der Netze und Anlagen vorgesehen, um dadurch den wachsenden Anforderungen der Verbundwirtschaft gerecht zu werden und die Güte der Versorgung zu verbessern. Besonders sind hier zu erwähnen: Ausbau der Übertragungsleitungen zwischen den Großwasserkraften und Paris, Entwicklungsarbeiten für die spätere Anwendung des 380 kV-Systems und die Beseitigung des 25 Hz-Netzes im Südosten Frankreichs.

Die für die Durchführung des Elektrizitätsplanes nötigen Mittel wurden 1946 mit der beachtlichen Summe von 250 Mrd. frs veranschlagt, die in fünf annähernd gleichen Jahresraten ausgegeben werden sollten. Aus der folgenden Aufstellung geht deutlich das Übergewicht hervor, das dem kapitalintensiven Bau von Wasserkraftwerken einerseits und der auf breitester Ebene zu verbessernden Stromverteilung eingeräumt wurde. 1)

	<u>Mrd.frs/1946</u>	<u>v.H.</u>
Wasserkraftausbau	90	36
Steinkohlen- und Gichtgaskraftwerke	20	8
Zechenkraftanlagen	20	8
Transport- und Verbundnetz	20	8
Verteilungsanlagen	100	40
I N S G E S A M T	250	100

Diese umfangreichen Investitionen sollten mit Mitteln aus dem Modernisierungs- und Ausrüstungsfonds 2) bestritten werden, teilweise und vorübergehend aber auch durch Bankkredite; außerdem mit Anleihemitteln und Selbstfinanzierungsbeträgen der E.D.F. auf Grundlage einer weitgehenden Tarifierfassung.

Die Finanzierung des gesamten Monnet-Planes wurde durch die Verwendung von Gegenwertmitteln des Marshall-Planes bedeutend erleichtert, wenn nicht zum großen Teil erst möglich gemacht. Diese Beträge flossen dem Modernisierungs- und Ausrüstungsfonds zu, um dort auf die einzelnen Sektoren aufgeteilt zu

1) Rapport Général, op.cit. S. 43

2) Dieser 'Fonds de Modernisation et d'Equipeement' war das finanzielle Organ des Monnet-Plans; Speisung durch Staatsmittel.

werden. Im Bereich der E.D.F. gingen in den Jahren 1948 bis 1950 etwa zwei Drittel aller investierten Beträge ihrem Ursprung nach auf Marshall-Plan-Gelder zurück.

Die energiewirtschaftlichen Ergebnisse des Monnet-Planes, die größenmäßig wie zeitlich auf mehreren Gebieten hinter den Zielen zurückblieben, finden ihren Niederschlag in den Angaben über die Nachkriegsentwicklung (Kapitel VII). Die Schwierigkeiten, die während der Laufzeit des Programmes auftraten, und die sich daraus ergebenden Momente sollen im folgenden kurz angedeutet werden, da sie in engem Zusammenhang mit der sich entwickelnden Kontroverse 'Wasserkraft - Wärmekraft' standen.

Von besonderer Bedeutung waren die monetären und finanziellen Hemmnisse, die sich in Form eines stetigen, bis 1952 anhaltenden Währungsverfalls, einer mangelnden Anpassung der Investitionsmittel an diese Entwicklung und auch in verschiedenen Kürzungen und Planänderungen auswirkten. Dabei darf nicht übersehen werden, daß die Nachkriegsinflation in Frankreich zu einem guten Teil gerade durch die hohen Staatsausgaben in Verbindung mit den ständigen Haushaltsdefiziten genährt wurde.

Schon 1947 mußten die Kredite gekürzt werden; die Laufzeit des Planes wurde bis in das Jahr 1954 hinein verlängert, wobei allerdings eine erhöhte Wasserkraftdarbietung (28 TWh) vorgesehen wurde. Jedoch schon 1948 und 1949 erfolgten weitere Kürzungen, woraus sich eine Zurückführung des Planzieles auf 26 TWh hydraulischen Arbeitsvermögens ergab. Unter dem Eindruck der säkularen Trockenheit des Jahres 1949 und der Argumente der Wasserkraftgegner wurde 1950 ein zusätzlicher Bauabschnitt von 260 MW thermischer Leistung in den Plan aufgenommen; ein zweites Zusatzprogramm mit 300 MW folgte dann 1951.

Auch die Selbstfinanzierung seitens der E.D.F. war sehr beschränkt, da die nur gelegentlich und ungenügend erhöhten Elektrizitätsstarife nicht mit dem steigenden Preisniveau Schritt hielten ¹⁾. Die ungleichmäßigen Zuweisungen von Seiten des Staates erschwerten vielfach einen kontinuierlichen Baurhyth-

1) Bis 1950 hatten E.D.F. und G.D.F. ein gemeinsames Budget, so daß die Betriebsüberschüsse der E.D.F. zur Deckung des Defizits der G.D.F. verwendet wurden.

mus und machten ihn manchmal vollkommen unmöglich. Zahlenmäßig wurde der für den Elektrizitätssektor vorgesehene Gesamtbetrag von 250 Mrd.frs/1946 in der verlängerten Periode bis 1952/53 erreicht: 1)

	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	Insgesamt
Mrd.frs/jew.	17,3	42,2	95,8	134	138	143	151	250 ^{frs/} 1946
Mrd.frs/1953	78	122	182	216	207	172	151	1128

Bei der Verwendung dieser Mittel ist vor allem der ab 1949 forcierte thermische Ausbau weit über das vorgesehene Maß berücksichtigt worden, um die Verzögerungen (und Verteuerungen) beim Wasserkraftwerkbau vorläufig aufzuholen und so der akuten Stromklemme abzuhelpfen 2). Der größte Teil aller Investitionen wurde bei den Erzeugungsanlagen vorgenommen; auch der Ausbau des Verbundnetzes kam voran. Die Erweiterung und Modernisierung der Verteilungsanlagen, für die 40 % der Mittel des Planes bestimmt waren, mußten dafür zum größeren Teil auf eine spätere Periode zurückgestellt werden, woraus sich unangenehme Mängel in der Versorgung des einzelnen Verbrauchers ergeben haben. Es sei erwähnt, daß in den Jahren 1948 - 1950 die Verteilungs-Investitionen der E.D.F. nur etwa 12 % aller Ausgaben für Neuanlagen ausmachten. 3)

Wie schon angedeutet, hatten sich ganz erhebliche Schwierigkeiten auch beim Bau der geplanten Anlagen selbst gezeigt. Die termingemäße Anlieferung der elektromechanischen Ausrüstung und die Beschaffung von Material und Arbeitskräften konnten in vielen Fällen nicht sichergestellt werden. Die so plötzlich einsetzenden Großaufträge überstiegen die Kapazität und die Anpassungsfähigkeit der französischen Maschinen- und Bauindustrie, die sich noch nicht genügend von den Auswirkungen der Kriegezeit hatte erholen können. Auch mußte in den ersten Nachkriegsjahren oft unzulängliches Material verwendet werden, doch konnte dies im Laufe der Zeit abgestellt werden.

1) Rapport Général du Deuxième Plan

2) Die letzten Verbrauchseinschränkungen konnten erst im Frühjahr 1951 aufgehoben werden.

3) Rapport d'Activité (E.D.F.) 1946-1949, Anhang Nr. 26

2. Wärme- und Wasserkraft; ihre Grenzen

In dem Maße wie die Durchführung des Monnet-Planes .oran-
schritt und gleichzeitig unter beträchtlichen Hemmnissen litt,
erhoben sich in energiewirtschaftlichen Kreisen und in der Öff-
entlichkeit Stimmen, die sich kritisch mit der Aufteilung der
Investitionen auf die einzelnen Energie-Sektoren, insbesondere
aber mit der Frage beschäftigten, ob es im Interesse der gesam-
ten Wirtschaftsentwicklung zu vertreten sei, den Bau von Was-
serkraftanlagen in dem Umfang, wie im Plan vorgesehen, voran-
zutreiben. Die Diskussion mußte an Bedeutung und Schärfe ge-
winnen, weil man gerade auf eine fast zehnjährige Periode un-
günstiger Wasserführung (1942 bis 1950) zurückblickte und die
mit der säkularen Trockenheit des Jahres 1949 verbundenen au-
ßergewöhnlichen Stromversorgungseinschränkungen kaum überwun-
den hatte. Die Wasserkraft hatte nicht im entferntesten das
Erreichte, was man sich bei ihrem so kräftig geförderten Ausbau
von ihr erwartet hatte. Im Vordergrund der Diskussion stand
die stark schwankende Produktion dieser im Vergleich zu ther-
mischen Anlagen zwei- bis fünfmal kapitalintensiveren Werke.
Hinzu kam, daß strategische und verteidigungspolitische Ge-
sichtspunkte mit dem größer werdenden Abstand von den Kriegs-
erfahrungen mehr und mehr in den Hintergrund traten.

Wenn in den Jahren 1949 bis 1951 zusätzliche Bauabschnitte
thermischer Kapazitäten in den Monnet-Plan aufgenommen und
gleichzeitig die Wasserkraftvorhaben zurückgeschraubt oder
zeitlich hinausgeschoben wurden, so dürfen diese angesichts
der prekären Energielage sicher notwendigen Entscheidungen
nicht zuletzt dem angedeuteten Meinungsumschwung zuzuschreiben
sein. Die Forderungen mancher Wasserkraftgegner gingen jedoch
über eine bloße Veränderung der Erzeugungsstruktur zugunsten
der Thermik hinaus. So wurde beispielsweise in einem Untersu-
chungsbericht über Energie-Einsparungen, der im Namen des
'Conseil Economique' von dem seinerzeitigen E.D.F.-Verwaltungs-
ratmitglied G. Taix 1952 vorgelegt worden war ¹⁾, dem Ausbau
der Wasserkraft auf Grund energetischer Berechnungen die

G. Taix, Etude du probleme des économies d'energie, Paris 1952

letzte Rangstufe hinter allen übrigen Sektoren (Steinkohlen-, Gruben-, Hüttenkraftwerke, S.N.C.F.-Elektrifizierung u.a.m.) eingeräumt 1).

Nun kann eine auf längere Sicht allein entscheidende wirtschaftliche Unterlegenheit der Wasserkraftnutzung mit 'energetischen' Berechnungen kaum schlüssig nachgewiesen werden. Das schließt jedoch nicht aus, daß im Einzelfall Rentabilitätsüberlegungen oder ganz allgemein Gründe der Kapitalknappheit den Ausbau der hydraulischen Erzeugung verhindern oder aufschieben. Vielfache Vergleiche aus der Nachkriegszeit haben ergeben, daß unter den französischen Verhältnissen der letzten Jahre Wärmekraft und Wasserkraft, auch unter Berücksichtigung der verschiedenen Stromqualitäten, sich annähernd gleichwertig gegenüberstehen. Direktor Massé von der E.D.F. hat schon 1952 betont, daß auf Grund der Gesteigungspreise pro kWh keine absoluten Präferenzen für eine der beiden Erzeugungsarten geltend gemacht werden könnten 2), sondern vielmehr Fragen der Komplementarität und marginale Gesichtspunkte im Einzelfall wie auch im Interesse einer ausgeglichenen Gesamtentwicklung berücksichtigt werden müßten. Massé hält die 'mittleren Lösungen', also etwa 40 bis 60 % Wasserkraft, für die in jeder Hinsicht vorteilhaftesten und warnt ausdrücklich vor 'Exzessen' in eine der beiden Richtungen, die sich bei den gegebenen natürlichen und wirtschaftlichen Voraussetzungen schließlich immer nur als nachteilig oder sogar undurchführbar herausstellen könnten.

Im folgenden soll kurz untersucht werden, welche Argumente — abgesehen von der Tradition, die sich auf diesem Gebiet auch nur auf Grund technisch-wirtschaftlicher Überlegungen entwickeln konnte — für die seit mehr als 20 Jahren vorhandene 50 : 50-Arbeitsteilung sprechen und inwieweit diese auch künftig anzustreben ist, bzw. welche Abweichungen möglich oder nötig sein werden.

- 1) Taix stellt die sicher in mancher Hinsicht aufschlußreiche Beziehung zwischen der "zusätzlichen Investition von 1 fr. und dem dadurch zu ersparenden Kohle-Äquivalent" in den Mittelpunkt seiner kurzfristigen Betrachtungsweise; er spricht diesbezüglich von einer "energetischen Rentabilität", ohne die einschlägigen wirtschaftlichen Gesichtspunkte zu berücksichtigen.
- 2) P. Massé, L'électricité devant un nouveau Plan, R.F.E. 1951/52, S. 220

Es geht dabei um das Problem der Spitzenenergie und, etwas allgemeiner, um das der Tagesarbeit; d.h. von einer Befriedigung der Stromnachfrage kann nur dann gesprochen werden, wenn nicht nur eine gewisse Jahresdarbietung (Quantität) gesichert ist sondern darüber hinaus auch die zu irgendeinem Zeitpunkt dem Versorgungsnetz abverlangte Leistung (Qualität) bereitgestellt wird. In der gesamten französischen Elektrizitätswirtschaft sind Lastunterschiede zwischen 3 GW und nahezu 10 GW (1956), also in einem Verhältnis von gut 1 : 3, zu beobachten. Die mittlere Tagesproduktion betrug 1956 fast 150 GWh, bei Extremwerten um 85 und um 175 GWh (Verhältnis 1 : 2). Die Schwankungen der Laufwasserkraftdarbietung, die nach dem Ausbaustand der Jahre 1955/56 im hydrologischen Mitteljahr etwa 55 % einer jährlichen Stromerzeugung von 50 TWh (1955) bestreiten kann, sind ungleich größer als die des Verbrauchs: die Extremwerte einzelner Tage verhalten sich fast wie 1 : 5 (30 zu 140 GWh), wobei von einer Anpassung dieser Schwankungen an die in gewissem Maße voraussehbaren Verbrauchsanforderungen überhaupt nicht die Rede sein kann ¹⁾. Selbst den geringeren monatlichen Verbrauchsschwankungen im Verhältnis 7 : 9 stehen noch Unregelmäßigkeiten der hydraulischen Darbietung im Verhältnis 2 : 5 gegenüber, und zwischen den einzelnen Jahren muß, wie die letzten Jahrzehnte gezeigt haben, mit Unterschieden gerechnet werden, die ihren Niederschlag in Hydraulizitätskoeffizienten zwischen 0,65 und 1,25 finden.

Ganz abgesehen von gewichtigen, außerhalb dieser Überlegungen liegenden Argumenten erscheint es kaum nötig, im einzelnen darzulegen, in welcher Weise sich eine rein hydraulisch orientierte Elektrizitätsversorgung Frankreichs auswirken müßte: in Perioden schlechter Wasserführung und hohen Bedarfes in empfindlichen Stromkrisen; bei günstigen hydrologischen Bedingungen jedoch in gewaltigen Laufkraftstromüberschüssen (100

1) Wie unterschiedlich der jeweilige Speicherfüllungsgrad und wie unberechenbar der Einfluß der Wasserführung sind, zeigt das einfache Beispiel, daß von der dritten Dezember-Mittwochs-Produktion 1954 (144 GWh) immerhin 82,5 GWh von den Wasserkraftwerken bestritten wurden, während es ein Jahr später nur 52 von 157 GWh und auch 1956 nur 57 von 168 GWh waren.

GWh und mehr pro Tag), die gerade dann auch von keinem Nachbarland abgenommen werden könnten. Schon überschlagsmäßig läßt sich errechnen, daß selbst der Vollausbau aller wirtschaftlichen Gefälle und Speichermöglichkeiten — etwa 80 TWh mittleren Jahresarbeitsvermögens — nicht in jedem Fall den bei einem jährlichen Verbrauch von 50 TWh auftretenden Leistungsspitzen genügen würde. Unter den französischen Verhältnissen ist ein Ausgleich der Darbietungsschwankungen innerhalb des Wasserkraftsektors als technisch und wirtschaftlich undurchführbar anzusehen. Der verhältnismäßige Speicheranteil, der schon den heutigen Anforderungen nicht immer entspricht ¹⁾, kann angesichts der natürlichen Gegebenheiten nicht beliebig erhöht werden.

Man muß also in dem Maße wie der Wasserkraftausbau voranschreitet auch weiterhin einen etwa proportionalen Ausbau von thermischen Anlagen betreiben, um die Produktion elastisch dem Verbrauch anpassen zu können. In welchem Maße dabei ausgesprochene 'Spitzenkraftwerke' einzusetzen sind, ist eine Frage, die im Einzelfall unter Berücksichtigung verbundwirtschaftlicher Gesichtspunkte entschieden werden muß. Zusammenfassend läßt sich zum 'Leistungsproblem' sagen, daß — unter den besonderen Bedingungen in Frankreich — ein Wasserkraftanteil, der über die Hälfte der Gesamtkapazität wesentlich hinausgehen würde, den qualitativen Verbrauchsanforderungen nicht mehr gerecht werden könnte.

Im Gegensatz zu den nicht unbeschränkt ausbaufähigen Wasserkraften wäre eine erweiterte Wärmekrafterzeugung technisch jederzeit in der Lage, den Stromverbrauch, auch qualitativ, zu decken, solange die Zufuhr der Brennstoffe Öl oder Kohle in ausreichendem Maße durch die heimische Förderung oder durch Importe gesichert ist. Diese Versorgung kann funktionsmäßig

1) Zu Speicherkraftproblemen vgl. Kapitel VIII des 'Speziellen Teils'; in diesem Zusammenhang nur der Hinweis, daß in den Wintern 1949 bis 1951 der Anteil der Wasserkraft an der Produktion der kritischen Tage bei etwa 30 % lag, wovon wiederum nur ein Drittel auf Speicherenergie entfiel. 1955 und 1956 betrug das theoretische Gesamtspeichervermögen in Frankreich 3,25 TWh. Unter der Annahme, daß der Speicherfüllungsgrad einigermaßen befriedigend ist, stehen also etwa 30 - 35 GWh Speicherarbeit täglich zur Verfügung, wenn nach der '100-Tage-Regel' verfahren wird.

mit der Wasserführung der Flüsse verglichen werden, jedoch mit dem wesentlichen Unterschied, daß sie von politischen und wirtschaftlichen Gegebenheiten abhängt, während die Wasserführung an die Niederschlagsverhältnisse in der Natur gebunden ist. In beiden Fällen stößt die Lagerhaltung der Energie an gewisse Grenzen; bei den mineralischen Brennstoffen kann sie immerhin unabhängig von Natureinflüssen durchgeführt werden. Auf die Schwierigkeiten, die sich angesichts der unzureichenden und stagnierenden Kohlenförderung sowie des chronischen Devisenmangels für die Brennstoffversorgung schon der gegenwärtigen thermischen Kapazitäten ergeben, braucht in diesem Zusammenhang nicht eingegangen zu werden.

Es ergibt sich, daß ein stark erhöhter Produktionsanteil der Wasserkräfte oder der Wärmekraftwerke in jedem Fall an Grenzen stößt, die aus naturgegebenen, aus politischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht ohne weiteres hinausgeschoben werden können. Diese Situation gilt auch für die nächste Zukunft, also für die folgenden 8 bis 15 Jahre; wie sich die weitere Entwicklung anbahnen wird, kann angesichts des ungewissen Umfanges der kernenergetischen Stromerzeugung noch nicht genau vorhergesehen werden.

Das Kennzeichnende der französischen Situation in den Nachkriegsjahren lag darin, daß man sich vor die Wahl gestellt sah, zwischen politisch-außenwirtschaftlichen Risiken einerseits und größeren hydrologisch bedingten Unregelmäßigkeiten der Erzeugung andererseits zu entscheiden. Diese Entscheidung wurde einesteiis durch den Zwang der tatsächlichen Gegebenheiten, vor allem durch den Mangel an Investitionsmitteln, sicher erleichtert; hingegen stieß jede genauere Planung wegen der nicht immer regelmäßigen Mitteldispositionen auf große Schwierigkeiten, selbst wenn man von den 'großen Unbekannten', als welche die zukünftigen Zinssätze, die Kohlen- und Ausrüstungspreise bezeichnet werden können, absieht, die selbstverständlich bei der Auswahl und Durchführung einzelner Vorhaben eine große Rolle spielen.

Neben den im Produktionssektor selbst verankerten Gründen, die für die 'mittleren Lösungen' sprechen, darf bei der

Strukturwahl das Transportproblem keinesfalls vernachlässigt werden; ein über 50 % hinausgehender Anteil der Wasserkraftdarbietung wäre nur nach Errichtung zahlreicher Größtübertragungsanlagen denkbar, die sich jedoch auf lange Sicht als Fehlinvestitionen erweisen müßten. Es läßt sich aus dem Entwicklungsgang der letzten Zeit ableiten, daß die in vielen Fällen heute noch recht wichtige Transportfunktion des französischen Verbundnetzes auf die Dauer an Bedeutung verlieren wird, und zwar in dem Maße, wie einerseits der Stromverbrauch in den Wasserkraftgebieten zunimmt ¹⁾, andererseits jedoch der Ausbau der hydraulischen Erzeugung in diesen Regionen sich den deutlich absehbaren natürlichen und wirtschaftlichen Grenzen nähert. Eine befriedigende Auslastung von Großübertragungsleitungen, die über die Erfordernisse einer zukünftigen rationalen Verbundwirtschaft ²⁾ hinausgehen, wird nach Rentabilitätsmaßstäben auf längere Sicht nicht gewährleistet sein können. Entsprechend wird die 'Région Parisienne', was die verhältnismäßige Bedeutung ihrer Wasserkraftstromabnahme betrifft, nicht auf alle Ewigkeit elektrizitätswirtschaftliches Hinterland der Alpen und des Zentralmassivs bleiben. Dabei spielt, gerade im Rahmen von transportwirtschaftlichen Überlegungen dieser Art, die Frage, welche Energieträger (Kohle, Erdöl oder Kernenergie) für die im Pariser Raum zu errichtenden verbrauchsnahen Kraftwerke Verwendung finden sollen, keine unmittelbare Rolle. Immerhin dürfte schon heute feststehen, daß Atomkraftwerke, die standortmäßig keiner Brennstofforientierung unterliegen, sobald sie wirtschaftlich konkurrenzfähig arbeiten können, ihren Einzug auch in die traditionellen französischen Wasserkraftgebiete halten werden.

Zum Abschluß der Betrachtungen über mögliche Änderungen der Produktionsstruktur sei noch darauf hingewiesen, daß eine einseitige Bauorientierung wenig wünschenswerte Auswirkungen zeitigen müßte, die sich zwar in erster Linie außerhalb der

- 1) Es wird in diesem Zusammenhang auch an die möglichen Auswirkungen von Dezentralisierungsbestrebungen, die sich heute mehr denn je in der französischen Wirtschafts- und Industriepolitik zeigen, gedacht.
- 2) Eine nationale Verbundwirtschaft im Sinne von 'Ausgleich/Austausch' wird auch weiterhin ihre Bedeutung behalten.

Elektrizitätswirtschaft bemerkbar machen würden, schließlich jedoch in der einen oder anderen Form den Elektrizitätssektor und darüber große Teile der nationalen Binnen- und Außenwirtschaft in Mitleidenschaft ziehen könnten. Es wird dabei an die elektrische Ausrüstungsindustrie gedacht, die sich im Lauf von Jahrzehnten an die eingespielte Produktions- und Ausbaustruktur angepaßt hat und daneben mit der Lieferung von Wasser- und Wärmekraftanlagen an das Ausland eine nicht zu unterschätzende Bedeutung im technischen Export Frankreichs erlangt hat. Es braucht und kann hier nicht im einzelnen dargestellt zu werden, welche Folgen ein starkes Abweichen von der bisherigen Linie in diesen hochspezialisierten Industrien haben müßte. Allerdings ist zu bemerken, daß auch die Preise auf dem Markt für Ausrüstungsgüter, die von jeder Disproportionalität unmittelbar beeinflusst werden, eine unter den herrschenden Konkurrenzbedingungen nicht zu unterschätzende Regulierungsfunktion bei der wirtschaftlich-finanziellen Bestimmung der Ausbaustruktur ausüben.

Es ist versucht worden, in diesem Abschnitt auf einige der zahlreichen Gesichtspunkte einzugehen, die geltend gemacht zu werden pflegen, wenn es um Fragen der Erzeugungs- und Ausbaustruktur geht. Ohne hier eine vollständige Aufzählung und Würdigung aller Gedankengänge und Ideen gebracht zu haben, darf darauf hingewiesen werden, daß nach dem bisherigen Studium der Literatur wie der tatsächlichen Gegebenheiten keine stichhaltigen oder ausschlaggebenden Begründungen gefunden werden konnten, die ein plötzliches oder beträchtliches Abweichen von den zitierten 'mittleren Lösungen' während der nächsten 10 bis 15 Jahre rechtfertigen würden . 1)

1) Angesichts der letzten Entwicklung des Stromverbrauchs und der neuesten Aussichten auf dem Kernenergiesektor darf das Verhältnis $1/3$ Wasserkraft : $2/3$ Wärmekraft (klassisch + kernenergetisch) noch als 'mittlere Lösung' im angeführten Sinn bezeichnet werden.

3. Der zweite "Modernisierungs- und Ausrüstungsplan"

Der zweite Modernisierungs- und Ausrüstungsplan ¹⁾ bezieht sich, was den Energiesektor betrifft, auf die Bedarfsdeckung im Jahre 1957, vor allem aber auf die Vorbereitung der gegen 1960/61 nötigen Produktionsmittel. Diese müssen gerade im Bereich der Elektrizitätswirtschaft frühzeitig geplant und in Angriff genommen werden, um angesichts der langen Bauzeiten — drei bis sechs Jahre — rechtzeitig zum Einsatz zu kommen. Dementsprechend werden spürbare Auswirkungen dieses zweiten Planes auf dem Gebiet der Elektrizitätserzeugung hauptsächlich in den Zeitraum nach 1957 fallen, während Planung und Bau von Übertragungs- und Verteilungsanlagen, kurzfristiger erfolgen und sich den jeweiligen Erfordernissen anpassen können ²⁾. Im Gegensatz zum ersten Plan, dessen Durchführung durch unregelmäßige Mittelzuteilungen und die fühlbare Vernachlässigung des Verteilungssystems gekennzeichnet war, genießt dieser letzte Sektor im zweiten Plan einen gewissen Vorrang, der schon bis 1956 in einer stetigen Steigerung der eingesetzten Geldmittel zum Ausdruck gekommen ist.

Für den Wasserkraftausbau ist im Rahmen des recht flexiblen und in jedem Jahr durch das Parlament zu verabschiedenden Investitionsbetrages der Elektrizitätswirtschaft ein verringertem Anteil von etwa 35 % ³⁾ vorgesehen, der jedoch in der Anlaufzeit (1954 und 1955) nicht einmal erreicht wurde. Die Schwerpunkte des 6,5 TWh-Programmes liegen in den Becken von Isère, Durance, Rhein und Rhône sowie bei den Vorarbeiten für Gezeitenkraftwerke; hervorzuheben sind daneben verschiedene kleinere und mittlere Vorhaben, die sich durch eine besonders hohe Wirtschaftlichkeit auszeichnen.

-
- 1) Commissariat Général au Plan, Rapport Général sur le Deuxième Plan de Modernisation et d'Équipement, Paris, Nov. 1953
 - 2) Deshalb waren zu Beginn des ersten Planes gerade die Verteilungsanlagen zurückgestellt worden; Geldmangel verhinderte dann, als 1950/51 die Bautätigkeit im Produktionssektor ihren Höhepunkt erreichte, die Nachholung des Versäumten.
 - 3) "Dieser Prozentsatz hat keine prinzipielle Bedeutung; er trägt den besonderen Erfordernissen der gegenwärtigen finanziellen Lage Rechnung...." (Rapport Général, S. 25)

Die Wärmekraftkapazitäten sollen durch die Aufstellung von 26 115 MW-Turbosätzen bis 1958 besonders stark erweitert werden, wobei der rationellen Verwertung von Abfall- und Nebenprodukten erhöhte Beachtung zuzuwenden ist. Das Transport- und Verbundnetz soll ergänzt und verstärkt werden, um den durch den Wasserkraftausbau steigenden Anforderungen gerecht zu werden und gleichzeitig den Netzbetrieb zu verbessern, während in der Stromverteilung Verstärkungs- und Erweiterungsarbeiten in recht erheblichem Umfang durchzuführen sind, um die Rückstände aus der Zeit des ersten Planes zu beseitigen.

Auch dieser zweite Elektrizitätsplan stützt sich auf eine Schätzung des zukünftigen Bedarfs unter Berücksichtigung der wechselseitigen Beeinflussung der einzelnen industriellen Sektoren und Planziele. Das Ergebnis ist eine jährliche Zunahme des Elektrizitätsverbrauches um etwa 7 %, die mithin im Rahmen der '10-Jahre-Regel' bleibt und für 1960/61 zu einer Ziffer von mehr als 70 TWh führt. Der Plan schließt sich an das vorhergehende Programm an und seine Durchführung entwickelt sich materiell auf dessen Ergebnissen. Dennoch sind beide Planwerke ihrer Konzeption, ihren Zielen und vor allem den für ihre Durchführung maßgebenden äußeren Umständen nach als recht verschiedenartig zu bezeichnen.

Der erste Plan stand mit seinen Aufgaben und Zielen im Zeichen eines wirtschaftlichen Darniederliegens, das es, besonders durch Steigerung der Primärerzeugung, zu überwinden galt. Er baute auf Provisorien auf und sein Anlaufen bedeutete Improvisieren; in kürzester Frist mußte Großes geleistet werden, ohne daß die Wahl der Mittel und Wege in jedem Fall koordiniert oder mit der wünschenswerten Sorgfalt erfolgen konnte. Es galt, die 'Produktionsschlacht' zu gewinnen, d.h. um jeden Preis den Ausgleich zwischen Bedarf und Erzeugung herzustellen, was bis 1950/51 tatsächlich gelungen war. In dieser Hinsicht hat der Monnet-Plan, von Einzelheiten abgesehen, sein Ziel erreicht.

Bei der Ausarbeitung und Durchführung des zweiten Planes können die gewonnenen Erfahrungen verwertet und darüber hinaus qualitative Gesichtspunkte bei der technisch-wirtschaftlichen Auswahl der Mittel in verfeinerter und systematischer Form

berücksichtigt werden. Im Hinblick auf die günstigeren allgemeinen Bedingungen war es nun angebracht, die einzelnen Maßnahmen und Ziele weniger genau festzulegen, um sie dann den jeweiligen Entwicklungen elastisch anpassen zu können. In diesem Sinne dürfte auch Direktor Massé zu verstehen sein, wenn er betont, daß der Plan nicht als "starre Antizipation angesehen werden dürfe, sondern eine fortgesetzte Schöpfung" darstellen müsse 1).

Bei der Ausarbeitung des zweiten Planes war die Idee maßgebend gewesen, bei der Wahl der Mittel und der Bevorzugung des einen oder anderen Ausbauvorhabens durch Erarbeitung wirtschaftlicher und erfaßbarer Normen aus dem Stadium des Empirismus herauszukommen und so, unabhängig von willkürlichen Verfahren, anhand exakter Maßstäbe eine optimale Zusammenstellung einzelner Programme und eine zufriedenstellende Koordination zwischen diesen anzustreben. In diesem Zusammenhang sind hervorzuheben: die vollständige Aufstellung des französischen Wasserkraftpotentials unter Einstufung der möglichen Projekte nach einem 'Wertkoeffizienten'; der Vergleich einzelner Vorhaben untereinander aber auch mit Wärmekraftwerken nach dem 'Wertkriterium' 2); Berechnungen über die 'Grenzrentabilität' der Teilprogramme innerhalb des gesamten Planes, um so die vorhandenen Investitionsmittel optimal auf die verschiedenen Sektoren zu verteilen 3).

Diese vielfältigen Studien und Bemühungen haben in mancher Hinsicht Früchte getragen. So hat sich beispielsweise herausgestellt, daß der Wertkoeffizient der Wasserkraftvorhaben des zweiten Planes (6,5 TWh Jahresarbeit) trotz der prinzipiellen Wirksamkeit des Gesetzes vom abnehmenden Ertragszuwachs im Durchschnitt nicht unter dem der Monnet-Operationen liegt 4).

- 1) P. Massé, E.D.F. devant les problèmes de l'expansion, Vortrag, Paris 1955
- 2) Vgl. hierzu den Abschnitt VIII/1 im 'Speziellen Teil'.
- 3) "Rentabilité marginale de programme à objectif donné" (Rapport Général); im zweiten Plan wurden 8 % zugrunde gelegt.
- 4) M. Rousselier, L'évolution des projets hydroélectriques entre deux programmes d'équipement, "Sonderheft 1954", S. 80

Im ganzen gesehen fallen die bei der Durchführung des zweiten Planes ermöglichten Einsparungen keineswegs nur den besseren Einstufungs- und Auswahlmethoden zu; ein erheblicher Anteil liegt im Wirken des technischen Fortschritts, in Kostendegressionen verschiedenster Art und nicht zuletzt in der mit dem Auslaufen des Monnet-Plans verschärften Wettbewerbssituation auf dem Bau- und Ausrüstungsgütermarkt begründet. Während sich die Kosten im Rahmen des ersten Planes infolge des überstürzten Anlaufens der Arbeiten ¹⁾ und der sich daher allenthalben zeigenden Engpässe nachträglich als stark überhöht herausgestellt hatten ²⁾, konnten die Bemühungen der Marktkommission der E.D.F. bei den Zuschlägen für die Operationen des zweiten Planes zu recht erfreulichen Ergebnissen führen, zumal auch eine gewisse Konsolidierung der monetären und wirtschaftlichen Verhältnisse eingetreten war. Bei den Bauarbeiten wurden beispielsweise Preissenkungen bis 30 und 40 % erreicht, die, wie der Rapport Général ausführt, "sich nicht allein durch das Fehlen jeder Material- und Geräteabschreibung im Preise erklären lassen."

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß in der Übergangszeit zwischen den beiden Plänen infolge mangelnder Finanzierungs- und Planungskontinuität die Inangriffnahme neuer Vorhaben stark verzögert wurde ³⁾. Dies gilt in besonderem Maße für den systematischen Ausbau von Rhein (Ottmarsheim/Fessenheim) und Rhône (Donzère-Mondragon/Montélimar), wo der sofortige Einsatz von Arbeitskräften und Baugerät bei der jeweils folgenden, sehr ähnlichen Großbaustelle spürbare Produktivitätsvorteile hätte mit sich bringen können.

-
- 1) Gaspard/Massé sprechen von einem "start explosif" (Le choix des investissements énergétiques et la production d'électricité en France, R.F.E. 1952/53, S. 5 - 15).
 - 2) Die Bauunternehmen hatten sich, ebenso wie die Ausrüstungsgüterindustrie, in dieser ersten Zeit des Wiederaufbaus durch Selbstfinanzierung modernisieren und so an die gewaltigen Anforderungen anpassen müssen.
 - 3) Für diese Situation war kennzeichnend, daß — abgesehen von zwei thermischen Bauabschnitten — in den Jahren 1951/52 kein hydroelektrisches Vorhaben begonnen werden konnte.

Einen Überblick über die finanzielle Durchführung der ersten beiden Ausrüstungs- und Modernisierungspläne bis zum Jahre 1955 verschafft die folgende Zusammenstellung, die — und das sei ausdrücklich betont — aus quellentechnischen Gründen nur mit größter Vorsicht mit Angaben andersartiger Herkunft verglichen werden kann. Eine ungefähre Vorstellung von Bedeutung und Rang des Elektrizitätswirtschaftlichen Teilprogrammes vermitteln einige vergleichbare Zahlen von der Durchführung des Gesamtplans (Monnet-Plan) und über die Entwicklung des französischen Bruttosozialproduktes, die ergänzend angefügt werden. 1)

ELEKTRIZITÄTS-INVESTITIONEN 1947 - 1955 (in Mrd. frs/1955)

Verwendung	Ø von 1947-51 rund	1952	1953	1954	1955	1947-55 Insges. rund	1956
Wasserkraft	75	58	31	22,5	31	520	
Wärmekraft	15	11	15,5	20	24	145	
Transport	15	24,5	21	15	14	150	
Verteilung	10	24,5	25	35	44	175	
Zusätzl.Arbeit	13	5	5	5,5	6	85	
Nebenlasten	12	14,5	13	12,5	12	115	
E.D.F.-gesamt	140	138	111	111	131	1200	135
C.N.R.	22	19	7	8	9,5	155	10,5
C.D.F.	14	23	15	12,5	13,5	135	12,2
S.N.C.F.	1	0,5	0,5	0,5	1	7	1,3
Gichtgaswerke	3	4	6,5	5,5	4	35	3
Elektrizität insgesamt	180	184	140	137	158	1530	165
Energiesektor (nur Monnetplan)	308	295	276	275			
Monnet-Plan insgesamt	685	620	637	610			
Bruttosozial- produkt		12.640	12.960	13.750			

Bemerkenswert ist der Anteil der Elektrizitätsinvestitionen am Bruttosozialprodukt mit genau einem Hundertstel im Jahre 1954 (1952 noch fast 1,5 %), während alle Monnet-Plan-Operatio-

1) Rapport Annuel sur l'exécution du plan de modernisation et d'équipement. Paris 1955. S. 18. 109 u. 166

en zusammen etwa 5 % beanspruchten. Hervortretendes Merkmal ist in den einzelnen Sektoren das Absinken der Investitionsausgaben mit dem Auslaufen des ersten Planes, wobei nur die steigenden Beträge in der Stromverteilung und beim thermischen Ausbau Ausnahmen bilden. Besonders deutlich zeigt sich die 'Flaute' auf dem Wasserkraftsektor, die infolge der beschränkten Budgetmittel vorläufig nicht einmal das Erreichen des im Rahmen des zweiten Planes vorgesehenen 35%-Anteils ermöglicht hat ¹⁾.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß man in der Leitung der D.F. einen zügigeren Wasserkraftausbau innerhalb der Grenzen der zitierten 'mittleren Lösungen' befürwortet; so werden die für den Elektrizitätssektor zur Verfügung stehenden Mittel schon seit Jahren für unzureichend gehalten, zumal sich herausstellte, daß die Kapazitätsreserven — besonders in trockenen Jahren — auf nur wenige Hundertteile der Produktion zusammengeschrumpft sind. Um diesen Schwierigkeiten und Risiken abzuwehren, gab Direktor Giguet eine recht einfache Richtlinie bei der Bemessung der Investitionen ²⁾: "Man solle nicht viel nachdenken über den zukünftigen Verbrauch und über das Verhältnis von thermischer zu hydraulischer Produktion, sondern die Bau- und Ausrüstungsgüterindustrien so lange nahe der Vollbeschäftigung halten, bis man über eine sichere Reserve von 15 % der Jahresproduktion verfüge; dann könne man je nach Bedarf modulieren..... Diese Einsicht, die bis jetzt nur im Ausland verwirklicht wird, möge hoffentlich auch bald in Frankreich Fuß fassen"

Dasselbe Problem bewegte Direktor Massé, als er in einer seiner Studien zusammenfassend erklärte, daß, wenn es sich um Investitionen dreht, "eine 'von-Tag-zu-Tag-Politik' durch die Gewalt der Dinge zu einer Politik gegen die Zukunft wird " ³⁾.

) Vgl. hierzu die Ausführungen über die Grundzüge des dritten Plans am Schluß dieser Arbeit.

) R. Giguet, Réalisations et perspectives de l'équipement électrique, R.F.E. 1951/52, S. 292

) P. Massé/1952, op.cit. S. 225

VII. DIE ENTWICKLUNG IN DER NATIONALISIERTEN ELEKTRIZITÄTS-
WIRTSCHAFT IN DEM DURCH AUFBAU UND EXPANSION
GEKENNZEICHNETEN NACHKRIEGSJAHRZEHT
(1946 - 1956)

In diesem Kapitel wird ein kurzer Überblick über die Nachkriegsentwicklung in der französischen Elektrizitätswirtschaft gegeben, über eine gut zehnjährige Periode also, die einerseits durch die Expansionsbestrebungen der Wirtschafts- und Energieplaner, andererseits durch die Tätigkeit der um die Planverwirklichung besorgten öffentlichen Unternehmen — hier der Electricité de France — gekennzeichnet war. Obwohl besonders die folgenden Ausführungen die Grenzen der Wasserkraftswirtschaft sprengen, ist es nicht möglich und auch nicht nötig, das in Form umfangreicher E.D.F.-Statistiken vorhandene Zahlenmaterial auch nur annähernd auszubreiten; es kann sich daher nur um einige Angaben handeln, die im Rahmen der Arbeit, d.h. für die Einordnung der Wasserkräfte in die gesamte französische Elektrizitätswirtschaft als wichtig erachtet werden ¹⁾. Auch sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß ins einzelne gehende Daten über die Verhältnisse auf dem Wasserkraftsektor grundsätzlich dem letzten Kapitel des 'Speziellen Teiles' vorbehalten werden, um eine organische Bearbeitung der gestellten Aufgabe zu ermöglichen.

1. Gesamtentwicklung; Stellung der Electricité de France;
Bedeutung der Wärmekraftwerke

Gegen Ende des letzten Krieges war der Produktionsapparat den Anforderungen des Verbrauchs nicht annähernd gewachsen. Wie schon an anderer Stelle ausgeführt, ließ diese Situation, die in den Jahren 1940/41 ihren Anfang genommen hatte, vorläufig keinen anderen Ausweg, als durch Rationierungsmaßnahmen

1) Das im folgenden gebrachte Zahlenmaterial entstammt, wenn nicht anders vermerkt, den E.D.F.-Statistiken der Jahre 1953, 1954, 1955 und teilweise auch schon 1956; Einzelhinweise sollen nicht gegeben werden, zumal es sich häufig um Zusammenstellungen aus mehreren Abschnitten bzw. Jahrgängen handelt.

und Abschaltungen den Verbrauch auf das nötige Maß zu beschränken. Die Gründe für diesen Zustand, der lediglich Teil einer allgemeinen Energiekrise war, konnten in nur beschränktem Umfang direkten Kriegseinwirkungen auf die Erzeugungsanlagen zugeschrieben werden ¹⁾. Hinzu kamen der Kohlenmangel — ursprünglich wegen der Besetzung der Förderungsgebiete und dann auch infolge der zu geringen Produktion —, die ungünstigen hydrologischen Bedingungen und die verzögerte Fertigstellung neuer Wasserkraftwerke. Die empfindlichsten Auswirkungen, und zwar in leistungsmäßiger Hinsicht, hatte der schlechte Zustand der vorhandenen Anlagen, der sich darin äußerte, daß auf dem thermischen Sektor die installierte Leistung von 1943 bis 1945 zwar nur um 8,5 %, die 15-Stundenleistung jedoch um fast 17 %, von 3,1 auf 2,6 GW, gesunken war. Die Maschinensätze waren teilweise veraltet und hatten oft einen zwei- bis dreifach überhöhten Brennstoffverbrauch; sie wurden seit Jahren überbeansprucht, waren nicht erneuert worden und konnten auch nicht hinreichend überholt werden, so daß sich Ausfälle häuften. Bei den Wasserkraftwerken waren ähnliche Zustände, jedoch in weit geringerem Ausmaße zu beobachten, und auch die Transport- und Verteilungsanlagen genügten nicht immer den an sie gestellten Anforderungen.

Es galt also nach der Befreiung, in einer Zeit des Material- und Arbeitskräftemangels, an vielen Punkten gleichzeitig und mit allen verfügbaren Mitteln anzusetzen, um die Elektrizitätsversorgung in einem Maße stark zu machen, das eine Hemmung des in allen Bereichen der Volkswirtschaft begonnenen Wiederaufbaus von dieser Seite her verhindern würde. Daß dieses Ziel nicht kurzfristig erreicht werden konnte, geht aus den folgenden Ausführungen über die Nachkriegszeit hervor.

Die anschließende Übersicht enthält die wichtigsten Daten der außerordentlich starken Aufwärtsentwicklung, die nach dem Tiefstand der Jahre 1944 und 1945 einsetzte. ²⁾

- 1) Der Ausfall an installierter thermischer Leistung lag unter 10 %; die einzigen wichtigen Wasserkraftwerke, die zeitweise zerstört waren, sind Kembs (Rhein) und La Bissorte (Arc).
- 2) Der Stromaustausch mit dem Ausland ist, wenn der Saldo unter 300 GWh liegt, nur durch I (=Import) oder E (=Exp.) angegeben.

Jahr	Ges.- Prod.	Zu- wachs	Was- serkr.	Hydr- Koeff	Im- port- saldo	Verbr.+ Verluste	Zu- wachs	Monnetplan- Schätzung + Bemerkungen
	TWh	TWh	v.H.		TWh	TWh	v.H.	
1938	20,7	0,7	50	0,85	0,4	21,1	-	-
1945	18,4	2,3	56	0,90	0,7	19,1	-	-
1946	22,8	4,4	49	0,88	1,6	24,4	28	23,5
1947	25,8	3,0	50	0,91	1,2	27,0	11	26
1948	28,8	3,0	51	0,93	1,2	30,0	10	30 (!)
1949	29,9	1,1	37	0,66	0,9	30,8	2,5	33 sehr trocken
1950	33,0	3,1	49	0,91	0,35	33,4	8,5	37
1951	38,2	5,2	56	1,17	I	38,3	14,5	39,5 Verbrauch
1952	40,6	2,4	54	1,12	I	40,7	6,5	- frei, feucht
1953	41,5	0,9	51	0,87	I	41,5	2	Rezession, Streik, trocken
1954	45,6	4,1	53	0,97	E	45,3	9	
1955	49,6	4,0	52	0,96	E	49,6	9,5	
1956	53,8	4,2	48	0,95	I	53,9	9,5	

Die nationale Stromerzeugung steigerte sich von 1945 bis 1955 auf mehr als das Zweieinhalbfache, mit einer jährlichen Zuwachsrate von durchschnittlich 3,1 TWh. Diese hatte jedoch, auch zwischen 1946 und 1951, das Ziel des Monnet-Plans (3,5 TWh jährlich) nicht ganz erreicht. So ist der bis 1949 ziemlich hohe Einfuhrüberschuß zu verstehen, der, zwischen 3 und 6% des Gesamtverbrauchs liegend, nicht einmal ausgereicht hatte, um den Ausgleich zwischen Eigenproduktion und Bedarf herzustellen. Die schon erwähnten Verbrauchseinschränkungen und Abschaltungen, die seit den Kriegsjahren üblich gewesen waren, konnten erst in den Frühjahrsmonaten des Jahres 1951 restlos abgeschafft werden, nachdem schon 1950 fast zu jeder Zeit der angeforderten Leistung entsprochen werden konnte.

Es begann nun die Periode, in der nicht mehr die Erzeugung den Verbrauch begrenzte, sondern die Nachfrage nach elektrischer Energie die genaue Höhe der Produktion bestimmte. So zeigte sich — und das verschaffte der E.D.F. eine Atempause — in den Jahren 1952/53 eine gewisse Stagnation: die jährliche Zuwachsrate erreichte schon 1952 nicht mehr ganz die nach der '10-Jahre-Regel' zu erwartende Größe von 7,2 % und lag dann 1953 sogar nur bei 2 % ¹⁾. Dieses Jahr war wirtschaftlich durch eine leichte Rezession und durch umfangreiche Streikbewegungen in Frankreich gekennzeichnet, die die unter jeder Erwartung bleibende Zuwachsrate leicht erklären lassen.

In den letzten drei Jahren nahm die Expansion auf dem Elektrizitätssektor mit den übernormalen Raten von 9 und 9,5 % ihren Fortgang; für 1957 darf ein Wert um 8 % als wahrscheinlich gelten.

In diesem Zusammenhang sei noch einmal darauf hingewiesen, welchen nicht zu unterschätzenden Einfluß die stromintensiven Industrien auf den Gesamtverbrauch an elektrischer Energie in Frankreich haben. In dem — wie erwähnt — verbrauchsseitig enttäuschenden Jahr 1953 war beispielsweise die Abnahme der Elektrochemie, der Elektrometallurgie und der Eisen- und Stahlindustrie sowie der Stickstoffwerke zwischen 1 und 7 % unter dem Vorjahrsstand geblieben, während die nachfolgende starke Verbrauchssteigerung in denselben Sektoren 10 bis 20 % für 1954 betrug. 1955 waren es noch einmal 10, 13 und 15 % bei S.N.C.F., Elektrometallurgie und Stahlerzeugung, die auch 1956 mit Raten zwischen 11 und 18 % an der Spitze lagen. Es ist deutlich, daß diese Sektoren, die vorher stagniert hatten, in den letzten Jahren die Grundlage für das stetige Anwachsen des Gesamtverbrauchs bildeten.

Welche Bedeutung hingegen auf der Produktionsseite die jeweilige Wasserführung auch für die Gesamterzeugung besitzt, zeigte sich in den praktischen Gegebenheiten während der wenig begünstigten Periode bis 1950, in der das Jahr 1949 mit seiner

- 1) Der Zuwachs von nur 2,5 % in 1949, ebenso wie der von 8,5 und 14,5 % in den folgenden Jahren, müssen hauptsächlich auf die Einschränkungen und auf die dann erfolgenden Lockerungen zurückgeführt werden.

extremen Trockenheit herausragte; während der folgenden sechs Jahre jedoch konnte die Wasserführung, wenn man von den oft beträchtlichen innerjährlichen Schwankungen einmal absieht, als im ganzen zufriedenstellend gelten, zumal sich im Jahre 1953 Minderdarbietung und Minderbedarf, wenn man es so bezeichnen will, recht glücklich trafen.

Infolge der sich bessernden Wasserführungsverhältnisse und der Inbetriebnahme der Monnet-Plan-Kraftwerke konnte ab 1951 den Bedarfsanforderungen ohne größere Schwierigkeiten entsprochen werden. Diese Tatsache zeigt sich nicht zuletzt in den weit unter 1 % liegenden Einfuhrsalden und in den Exportüberschüssen während der Jahre 1954 und 1955. Daß dennoch von einer Konsolidierung — soweit dieser Begriff in einer expandierenden Grundindustrie anwendbar ist — noch nicht die Rede sein kann, solange keine nennenswerten Leistungsreserven verfügbar sind, versteht sich nach den bisherigen Erfahrungen von selbst.

Welche Stellung die E.D.F. in der französischen Elektrizitätswirtschaft einnimmt, veranschaulicht die nebenstehende Übersicht, die zugleich einen Überblick über Herkunft und Verwendung der jährlichen Gesamtstromdarbietung verschafft.

Rund 80 % der französischen Elektrizitätserzeugung gehen durch die Hände der E.D.F., deren Einfluß mit einem solchen Zahlenwert allein nicht charakterisiert werden kann und überdies wesentlich stärker eingeschätzt werden muß. Es ist kaum übertrieben und spiegelt Stellung und Funktion eines öffentlichen Unternehmens dieser Art wider, wenn von einer fast vollständigen Beherrschung des Elektrizitätssektors durch die E.D.F. gesprochen wird. Nur innerhalb der Montanindustrie gehen nennenswerte Energiemengen von der Erzeugung direkt in den Verbrauch ein, ohne Anlagen der E.D.F. zu passieren. Dafür übt die E.D.F. hier, wie auch in der Elektrochemie und -metallurgie, über die schon erwähnten 'comités mixtes' eine nicht zu unterschätzende Kontrolle aus, die die Zusammenarbeit dieser Kraftwerke mit ihrer eigenen Erzeugung auf rationelle Weise gewährleistet.

Alle Angaben in GWh		1953	1954	1955	1956
E.D.F.	ERZEUGUNG hydraulisch	16.030	18.630	19.690	19.680
	thermisch	8.580	7.980	8.730	10.670
	INTERNAT. Importe	580	550	715	980
	AUSTAUSCH Exporte	620	830	800	900
	PREMDLIEFERUNGEN hydraulisch	4.345	4.840	5.015	5.330
	thermisch	3.570	4.190	5.110	6.430
	G E S A M T	32.480	35.360	38.460	42.190
	Anteil (v.H.)	78	78	78	78
nicht E.D.F.	ERZEUGUNG hydraulisch	750	795	835	840
	thermisch	8.285	9.135	10.240	10.880
	EINFUHREN	25	25	25	25
	G E S A M T	9.060	9.955	11.100	11.740
I N S G E S A M T (= VERBRAUCH u. VERLUSTE)		41.540	45.310	49.560	53.930
E.D.F.	VERTEILUNG Hochspannung	20.400	22.340	24.590	27.200
	Niederspann.	6.560	7.060	7.590	8.500
	G E S A M T	26.960	29.400	32.180	35.700
	Anteil (v.H.)	65	65	65	66
nicht E.D.F.	VERTEILUNG Hochspannung	9.110	10.240	11.350	12.030
	Niederspann.	520	560	600	660
	G E S A M T	9.630	10.800	11.950	12.690
ÜBERTRAGUNGSVERLUSTE		4.950	5.120	5.430	5.540

Erzeugung und Verfügung über die nationale Wasserkraft sind in besonders großem Umfang bei der E.D.F. konzentriert. Sie produziert oder empfängt, vor allem von der C.N.R. und der S.N.C.F., etwa 95 % der gesamten Darbietung, während der entsprechende Anteil bei der Thermik kaum 60 % erreicht.

Auf dem Gebiet der Elektrizitätsverteilung ergibt sich annähernd das gleiche Bild, vor allem dann, wenn man den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechend den größten Teil der Netzverluste der E.D.F., die ja fast alle Energieübertragungen vornimmt, zurechnet. Wie aus der Übersicht hervorgeht, sind die anteiligen Größenverhältnisse in den letzten Jahren praktisch konstant geblieben.

Die folgenden Ausführungen gehen in Kürze auf die Entwicklung der thermischen Stromerzeugungskapazitäten und auf ihre Rolle in der französischen Stromversorgung ein, die neben dem quantitativen Beitrag vor allem in der Hilfestellung während der Spitzenlaststunden und während hydrologisch ungünstiger Perioden zum Ausdruck kommt.

Die Ausrüstung der Wärmekraftwerke hatte ihren Tiefstand im Jahre 1945 mit einer installierten Generatorenleistung von 5,5 GW und einer 15 Stunden-Leistung von nur 2,6 GW erreicht, mit Werten also, die schon im Jahre 1932 überschritten worden waren. Die seit der Befreiung gemachten Anstrengungen spiegeln sich, wie die nachstehende Übersicht zeigt, weniger in einer übermäßigen Erhöhung der installierten Leistung als vielmehr in der verhältnismäßig schneller gestiegenen 15 Stunden-Leistung wider.

JAHR	Installierte Leistung	15 Stunden-Leistung	Jährliche Erzeugung	Mittl.spez.Brennstoffverbrauch, nur E.D.F.-Werke (40-60 %) kcal/kWh
	GW	GW	TWh	
1945	5,5	2,6	8,2	
1946	5,5	3,6	11,2	-
1947	5,6	3,8	13,0	5030
1948	5,7	4,0	14,2	4960
1949	6,1	4,4	18,9	4880
1950	6,6	4,8	16,9	4590
1951	7,0	5,2	17,1	4445
1952	7,4	5,7	18,3	4365
1953	7,7	5,9	20,4	4085
1954	7,9	6,2	21,3	4020
1955	8,2	6,7	24,1	3790
1956	8,6	7,1	28,0	3620

Neben der Instandsetzung, Erneuerung und Modernisierung alter Anlagen nahm die Aufstellung großer Maschinensätze mit Leistungen über 100 MW im Rahmen der Ausbaupläne steigenden Umfang an. So war es gerade die Inbetriebnahme dieser gigantischen Turbogruppen, deren Fertigung sich auf die in Amerika

gewonnenen Erfahrungen stützte und daher nur langsam anlaufen konnte, die den spezifischen Wärmeverbrauch in einzelnen Jahren beträchtlich senkte und das starke Ansteigen der 15 Stunden-Leistung bedingte ¹⁾. Ein Ergebnis der letztjährigen Bautätigkeit ist darin zu sehen, daß Anfang 1957 unter den 147 Maschinensätzen mit einer 20 MVA übersteigenden Leistung 16 Turbinensätze mit mehr als 120 MVA und 15 Einheiten mit je 75 MVA arbeiteten. Ein fühlbares Übergewicht werden die modernen Großanlagen jedoch erst gegen Ende des zweiten Planes, der die Aufstellung von 26 115/125 MW-Turbosätzen vorsieht, erhalten.

Die geographische Klassifizierung der Ende 1956 vorhandenen Wärmekraftanlagen spiegelt die Produktionsballung im Pariser Gebiet und im Nordosten wider; in allen übrigen Gebieten zusammen wurde 1956 mit einem Fünftel der nationalen 15 Stunden-Leistung nur ein Sechstel des französischen Wärmekraftstromes erzeugt.

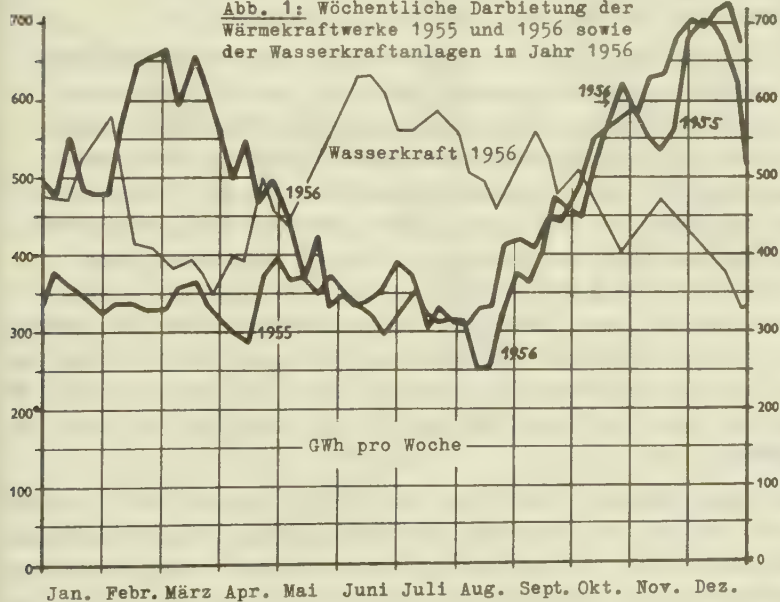
G E B I E T	MAXIMALE 15 STUNDEN-LEISTG in MW			ERZEUGUNG IM JAHR 1956 in TWh		
	E.D.F.	Übrige	Zusammen	E.D.F.	Übrige	Zusam.
Nord	1412	1462	2874	2,6	6,8	9,4
Pariser Geb.	1527	180	1707	6,3	0,5	6,8
Ost	87	1080	1167	0,15	6,7	6,8
West	345	72	417	0,9	0,2	1,1
Übrige Geb.	274	692	966	0,7	3,1	3,9
INSGESAMT	3645	3486	7131	10,7	17,3	28,0

Aus dieser Übersicht läßt sich ablesen, daß die jährliche Benutzungsdauer der überwiegend im Osten liegenden Hüttenkraftwerke zwangsläufig sehr hoch ist ²⁾; die Zechenanlagen folgen erst in größerem Abstand, und die E.D.F.-Werke, die im Pariser Gebiet vorherrschen, liegen weit unter dem französischen Durchschnitt von 5000 Stunden, was angesichts ihrer Ausgleichs- und Regulierungsfunktion nicht ungewöhnlich ist.

- 1) Bei den modernen Anlagen entspricht die 15 Stunden-Leistung praktisch der installierten Leistung.
- 2) Die genauen Werte sind: E.D.F. 3550, Grubenanlagen 5600, Nichteisenerze 7850 und übrige Industrien 6700 Stunden.

Abbildung 1 gibt die Schwankungen der wöchentlichen Wärmedarbietung innerhalb der Jahre 1955 und 1956 wieder. Vergleichsweise ist die hydraulische Produktion von 1956 mit eingezeichnet, um die von der thermischen Erzeugung — und hier vor allem wieder von den E.D.F.-Werken — geforderte Anpassungsfähigkeit zu veranschaulichen. Es läßt sich schon aus der Gegenüberstellung der Diagramme von 1955 und 1956 erkennen, daß die Unterschiede zwischen denselben Perioden verschiedener Jahre ein beträchtliches Ausmaß annehmen können und somit eine genauere und langfristige Einsatzplanung der für Ausgleichs- und Spitzenlast vorgesehenen Werke unmöglich machen. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß man auch in Frankreich in nicht allzu ferner Zukunft den Bau von Kraftwerken plant, die in ihren technischen Eigenschaften dem wirtschaftlichen Ausfahren von Lastspitzen in besonderem Maße angepaßt sein werden 1).

Abb. 1: Wöchentliche Darbietung der Wärmekraftwerke 1955 und 1956 sowie der Wasserkraftanlagen im Jahr 1956



1) Vorbedingung dazu ist, daß vorher die alten Anlagen mit überhöhtem Brennstoffverbrauch und teurer Unterhaltung außer Betrieb gesetzt werden, die heute noch gelegentlich herangezogen werden müssen, d.h. daß der Ausbau an Kraftwerkleistung einen Vorsprung vor der auftretenden Höchstlast gewinnt.

2. Elektrizitätsübertragung, -verteilung und -verbrauch

Das Transport- und Verbundnetz, das angesichts der besonderen Produktions- und Standortverhältnisse von außerordentlicher Bedeutung für die Elektrizitätsversorgung Frankreich ist, kann als das dichteste und bestausgebaute der Welt bezeichnet werden. In ihm kommen nur noch die Normspannungen 150 und 225 kV zur Anwendung; die Spannung 110/120 kV tritt praktisch nicht mehr in Erscheinung, da die meisten Leitungen dieser Art jetzt mit 150 kV betrieben werden. Bemerkenswert sind die in den Nachkriegsjahren entstandenen 225 kV-Doppelleitungen, die nach geringfügigem Umbau als einfaches 380 kV-Übertragungssystem benutzt werden können. Diese Bauart trägt den vorläufig noch wachsenden Überschußenergien in den Alpen und im Zentralmassiv Rechnung. Mit der Umstellung der von Malgovert/Isère nach Paris führenden Leitung ist noch 1957 zu rechnen 1).

Das 150 kV-Netz ist seit 1920 schnell und stetig angewachsen. Etwas weniger gleichmäßig hat sich das 225 kV-System entwickelt, das sich immer dann sprunghaft ausdehnen konnte, wenn Wasserkraftüberschüsse oder eine allgemein kritische Energielage zu einer vollständigeren Nutzung der hydrologischen Gegebenheiten drängten; zuerst während der großen Wirtschaftskrise, dann bei Beginn des letzten Weltkriegs und schließlich in ununterbrochener Folge seit 1946/47. Dieser letzte Anstieg kommt besonders in den Angaben über die Systemlänge 2) zum Ausdruck, die zwischen 1946 und 1956 von 3600 km auf 11.300 km gewachsen ist, während sich die Länge des 150 kV-Netzes in derselben Zeit nur um 1500 km, von 7400 auf 8900 km, ausgedehnt hat.

Die nebenstehende Abbildung zeigt die Struktur des Verbundnetzes, die aus der historischen Entwicklung heraus verstanden werden muß. Nach 1920 war im Pyrenäen-Vorland, vollkommen isoliert vom übrigen Frankreich, das 150 kV-System der C.F.M. und

1) Eine zweite Leitung dieser Art führt von den Kraftwerken an der Dordogne (Le Breuil) ebenfalls nach Paris.

2) Dabei sind die 225 kV-Systeme der späteren 380 kV-Leitungen mit eingeschlossen.

der UPEPO entstanden. In den Alpen und im Nordosten hatten sich ähnliche 'netzförmige' Systeme, vorwiegend für regionale Zwecke, herausgebildet. Das Hineinwachsen dieser verschiedenen 150 kV-Netze in die entstehende nationale Verbundwirtschaft vollzog sich erst vor dem Kriege, als einige wichtige 225 kV-Leitungen mit nord-südlicher Orientierung dem vorhandenen System überlagert wurden.

Abbildung 2

Das französische Verbundnetz



'Schwache Linien: 150 kV-Leitungen

Starke Linien: 220 und 380 kV-Leitungen

Breite Linien: 1956 in Betrieb genommene Leitungen

Gestrichelte Linien: Anfang 1957 im Bau befindliche Leitungen

Ebenfalls vor dem Krieg wurde mit dem Bau des heute doppelten 225 kV-Rings um Paris begonnen. Diese leistungsfähige Stromschiene empfängt die von allen Seiten heranführenden Hochspannungsleitungen und speist selbst wieder die Pariser Großverteilung, die im wesentlichen aus einem älteren 60 kV-Netz besteht. Technisch ist von besonderem Interesse, daß die 220 kV-Ringleitungen teilweise unterirdisch als Niederdruck-Ölkabel verlegt wurden. — Paris nimmt mit seinen am Rande der Stadt gelegenen Umspannstationen im Rahmen der Verbundwirtschaft eine zentrale Stellung ein, wie es sie schon seit langer Zeit im französischen Straßen- und Eisenbahnnetz besitzt. Die großen Züge des nationalen Hochspannungsnetzes werden sich kaum mehr wesentlich ändern, wenn von gewissen Ergänzungen abgesehen wird. So soll beispielsweise die 380 kV-Leitung Paris-Malgovert bis Montélimar/Rhône verlängert werden, und der Anschluß der im Bau befindlichen Werke an der Durance an das 220 kV-Netz ist ebenfalls vorgesehen. Schließlich gilt Ähnliches für die Verbindung mit dem kürzlich begonnenen Gezeitenkraftwerk bei St-Malo.

Der Teil der nationalen Stromerzeugung, der über das Verbundnetz fließt, belief sich mit 18,25 TWh auf 37 % im Jahre 1955. Die Netzverluste, die im 225 kV-System 9 % und im 150 kV-Netz 8 % des Energiedurchflusses ausmachten, stellten sich im Gesamtsystem auf fast 10,5 %, was gegenüber 1954 eine Verminderung um etwa 1 % bedeutet.¹⁾ Die Verbundfunktion des französischen Hochspannungsnetzes läßt sich kaum besser als durch die Tatsache illustrieren, daß bei extremer Trockenheit und großem Energiebedarf elektrischer Strom thermischer Herkunft aus dem Norden bis Mülhausen, Lyon und sogar über Toulouse hinaus vordringt, während im umgekehrten Fall das Einflußgebiet der Wasserkraft bis Lille und bis in das lothringische Minenrevier reichen kann. Auf Abbildung 3 wird der zwischengebietliche Energieaustausch veranschaulicht, der von den acht 'Centres Régionaux de Mouvements d'Energie' (unseren Landeslastverteilern entsprechend) unter Lenkung des nationalen 'centre' in Paris wahrgenommen wird.

1) Die Verlustquote für das ganze System muß über der der Teilnetze liegen, da gewisse Energiemengen über beide Netze fließen.

Abbildung 3

Stromerzeugung, -verbrauch und
-austausch der acht "Regionen"
(Lastverteilungsgebiete)



Hier kommt vor allem die 'Transportfunktion' des Hochspannungsnetzes zum Ausdruck. Es zeigt sich, daß von den acht unterschiedenen Gebieten der 'Norden', der 'Osten', der 'Südwesten' und selbst der Bezirk 'Alpen' ein ziemlich ausgeglichenes Verhältnis zwischen Erzeugung und Verbrauch aufweisen,

während die 'Région Parisienne' und der 'Westen' stark defizitär sind. Dem stehen das 'Centre' und der 'Südosten' mit hohen Ausfuhrüberschüssen gegenüber. Der Lastverteilungsbezirk 'Alpen', der nur den nördlichen Teil der französischen Gebirgsgebiete umfaßt und sich weit in das industrialisierte Vorland hinein erstreckt, steht weiterhin im Zeichen erheblicher Transitsalden, wenn auch auf Jahresdauer bezogen kaum Eigenüberschüsse auftreten. Die Bedeutung der von hier ausgehenden großen Übertragungsleitungen liegt daneben hauptsächlich und in stets wachsendem Maße in der Durchführung von saisonbedingten Wechseltransporten, d.h. in der eigentlichen Verbundfunktion.

Aus der nebenstehenden Abbildung läßt sich ersehen, welches geringe Ausmaß bei normalen Betriebsbedingungen die Austauschlieferungen über die Staatsgrenzen hinweg erreichen. Dank der außenhandelspolitischen Nichtbehinderung von Stromtransporten zwischen den Mitgliedsländern der O.E.E.C. vollzieht sich der Austausch nach rein energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten und erhält seine wirkliche Bedeutung vor allem in Notfällen ¹⁾, wo dann die Hilfslieferungen kurzfristig einen erheblichen Umfang annehmen können. Wegen der verschiedenen hohen Bewertung der einzelnen Energiebewegungen kann von den quantitativen Angaben nicht auf den wertmäßigen Austausch geschlossen werden.

Hervorzuheben sind die Lieferungen an und von der Schweiz, die für Frankreich schon immer größere Bedeutung besaßen und 1956 umsatzmäßig fast zwei Drittel des internationalen Austausches von 1,9 TWh ausmachten; dabei ist die vertragliche Verwendung des schweizerischen Anteils an der Produktion der Werke Kembs/Rhein und Châtelot (Jura) durch Frankreich, zusammen etwa 0,22 TWh jährlich, in den angegebenen Werten nicht einmal berücksichtigt.

Das regionale Transport- und Großverteilungsnetz besteht aus zahlreichen 90 und 60 kV-Leitungen, die durch verbrauchsnähere Systeme mit 45 und 30 kV ergänzt werden. Hinsichtlich der Niederspannungsverteilung sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß das 25 Hz-System im Südosten seit 1956 vollständig abgeschafft ist und die Umstellung des Kleinverbrauchs von

1) Beispiel: Wasserklemme in den Westalpen im Winter 1955/56.

von 127/220 Volt auf 220/380 Volt nach Maßgabe der technischen Anforderungen und der finanziellen Mittel vorgenommen wird.

In welchem Maße der Versorgungsgrad der Bevölkerung trotz Krieg und Energiekrise gestiegen ist, ergibt sich daraus, daß 1952 von 37.985 französischen Gemeinden nur noch 355 ohne jede Stromversorgung blieben, während 1936 noch 6 % aller Gemeinden ohne jeden Anschluß gewesen waren.

Die französischen Elektrizitätstarife sind seit 1937 an bestimmte Preisindices (Kohle, Arbeit, Verbrauchsgüter) gebunden, konnten jedoch in der Praxis nur verzögert und unvollständig an diese bis 1952 und neuerdings wieder steigenden Orientierungswerte angepaßt werden. Wie in vielen Ländern ist die Folge die Herausbildung einer 'Preisschere', die sich hier darin äußert, daß die Stromtarife seit 1938 auf das Fünfzehnfache gestiegen sind, während das allgemeine Preisniveau einen Haussekoeffizienten zwischen 25 und 30 aufweist. Daß diese Entwicklung ein Unternehmen wie die E.D.F., die jährlich Investitionen in halber Höhe ihrer Betriebseinnahmen bestreiten muß, vor nicht geringe Schwierigkeiten stellt, braucht kaum betont zu werden. In den letzten Jahren hat die E.D.F. ein neues Tarifsystern, den sogenannten 'grünen Tarif' ¹⁾, ausgearbeitet, der die Hochspannungsstrompreise an den Grenzkosten, die angesichts der Steigerung der Stromabnahme auf Grund der dazu erforderlichen Kapazitätserweiterungen ermittelt werden, orientiert. Dieses Projekt, dessen Verwirklichung dem Fehleinsatz elektrischer Energie entgegentreten und zugleich der E.D.F. ihre expansive Tätigkeit erleichtern soll, wird zusammen mit der bisher aufgeschobenen Neuregelung der Stromverteilungskonzessionen durchgeführt werden; es ist inzwischen den zuständigen öffentlichen Stellen vorgelegt worden.

Unter Hinweis auf die im vorhergehenden Abschnitt gebrachten Daten über die Entwicklung der Erzeugung und des Gesamtverbrauchs folgen nun in Kürze einige ergänzende Ausführungen, vor allem über Stromabnahme und Verbrauchsstruktur.

¹⁾ Vgl. E.D.F.-Jahresberichte 1955 u. 1956 (Rapports d'Activité)

Nach der bisherigen Entwicklung darf damit gerechnet werden, daß 1957 die 7,2 %-Zuwachsrates vom Anstieg des Gesamtstromverbrauchs wiederum überschritten wird. Der jährliche Pro-Kopf-Verbrauch würde damit in Frankreich der 1300 kWh-Grenze nahekomen. 1955 betrug der spezifische Verbrauch 1050 kWh (Norwegen 5800, USA 3000, Schweiz 2500, England 1400 Westdeutschland 1350, Belgien 1200, Italien 750).

Über die täglichen Leistungsspitzen können nur wenige und summarische Angaben gemacht werden. Die Laststruktur hat sich im französischen Gesamtnetz insofern etwas gewandelt, als die abendliche Spitze während der Wintermonate allmählich hinter dem morgendlichen Maximum zurückgeblieben ist. Ferner ist bemerkenswert, daß die Höchstlast in den Nachkriegsjahren etwa proportional dem jährlichen Gesamtverbrauch gestiegen ist, während man normalerweise mit einem verhältnismäßigen Zurückbleiben der Leistungen hinter der Arbeit rechnen kann. Es darf jedoch angenommen werden, daß diese angezeigte Tendenz einen vorübergehenden Charakter aufweist, da die Abnahme höchster Leistungen auch von den Einschränkungen der ersten Nachkriegsjahre betroffen wurde, man also von einem anschließenden 'Leistungs-Nachholbedarf' sprechen könnte.

Es kennzeichnet die Ergebnisse des kräftig vorangetriebenen Wasserkraftwerks- und Speicherausbaus und die besseren hydrologischen Bedingungen der späteren Jahre, wenn der hydroelektrische Lastanteil in der Nähe des thermischen liegt (1950 und 1951) und diesen sogar ganztägig übertrifft (1952 und 1954), während sich die Teildigramme aus der Zeit vor 1950 nicht ein einziges Mal berühren oder schneiden.¹⁾ Es läßt sich auch daraus der Schluß ziehen, daß die Wasserkraft in der heute angestrebten Zusammensetzung und Form sowie unter den neuzeitlichen Betriebsbedingungen in wesentlich höherem Maße als noch vor einigen Jahren den Erfordernissen des Verbrauches nach lastgemäßer Energie entsprechen kann. Daß trotzdem die Schwankungen der Wasserführung nicht immer und nicht annähernd ausgeglichen werden können, zeigte deutlich der 21. Dezember 1955 der in seiner Lastdeckungscharakteristik den Referenztagen der Jahre vor 1950 sehr nahe kam.

1) Bezug auf den dritten Dezember-Mittwoch des jeweiligen Jahr

Wie die folgende Zusammenstellung erkennen läßt, hat sich die Struktur des französischen Stromverbrauchs ihren großen Zügen nach während der vergangenen Jahre kaum verändert:

Alle Angaben in GWh	1950	1954	1955	1956
S.N.C.F.	1250	1710	1880	2170
Übriger Verkehr	550	540	550	550
Elektrometallurgie/-chemie	4330	7030	7980	8750
Stickstoff/Phosphorsaure				
Kohlenförderung	2890	3330	3550	3780
Stahlerzeugung	2830	3690	4340	4810
Papierindustrie	1340	1740	1900	2010
Übrige Industrien	9990	14.360	15.670	17.160
ZUSAMMEN (Hochspannungsverbrauch)	23.190 = 80 %	32.580 = 80 %	35.950 = 81 %	39.230 = 81 %
Öffentliche Dienste	230	350	760	800
div. Lichtstrom	1)	1)	1090	1200
Haushalts- (1. Tranche	2600	3230	2260	2440
verbrauch (2. Tranche	230	300	280	330
(3. Tranche	930	1530	1610	1930
(Schwachlast-T.	190	300	360	430
Übrige Niederspannungs- abnahme	1510	1890	1840	2020
ZUSAMMEN (Niederspannungsverbrauch)	5.690 = 20 %	6.600 = 20 %	8.190 = 19 %	9.160 = 19 %
G E S A M T V E R B R A U C H (ohne Netzverluste)	28.900	40.200	44.130	48.400

Der Hochspannungsverbrauch hat seinen dominierenden Anteil von rund 80 % der Gesamtabnahme behaupten können. Verschiebungen sind zwischen den einzelnen Großindustrien zu beobachten; Elektrochemie und -metallurgie konnten ihren Anteil proportional steigern und erreichten 1956 mehr als 22 % des gesamten Hochspannungsverbrauchs, während bei der nahezu stagnierenden Kohlenförderung ein verhältnismäßig geringer Zuwachs auffällt.

1) Die Niederspannungsverbrauchsfiguren von 1950 und 1954 basieren auf unterschiedlichen Erhebungs-(Berechnungs)methoden.

Der Stromverbrauch für Zugförderungszwecke stieg im Rhythmus der voranschreitenden Bahnelektrifizierung der S.N.C.F., wohingegen die Anforderungen der übrigen elektrischen Verkehrs mittel vorläufig auf gleicher Höhe blieben. Allerdings ist dem Anteil der nationalen Eisenbahnen am gesamten französischen Stromverbrauch zwischen 1950 und 1956 leicht, auf weniger als 4 %, gesunken. 1956 erreichten die elektrifizierten Strecken mit 5000 km 13 % der Gesamtstreckenlänge und bewältigten mehr als 40 % des Verkehrs. 1)

Nach den noch vor dem letzten Krieg elektrifizierten Hauptlinien Paris-Le Mans, Paris-Bordeaux-Hendaye, Paris-Toulouse-Perpignan und der Querverbindung Pau-Sète folgte nach 1945 die Umstellung der Strecke Paris-Dijon-Lyon — gegenwärtig die schnellste Reisezugverbindung der Welt — mit Abzweigungen nach Genf, nach Hochsavoyen und nach Modane an der italienischen Grenze. 1957 sind die Arbeiten an der Strecke Lille-Metz-Straßburg-Basel beendet worden, auf der das in Frankreich mit Erfolg weiterentwickelte 50 hz-Traktionssystem zum ersten Mal in großem Stile angewendet wird. Auch die Verbindung Dijon-Pontarlier (-Schweiz) ist kürzlich elektrifiziert worden, und die Strecke Paris-Lille wird gegenwärtig umgestellt.

Die mehr als 60 %ige Verbrauchssteigerung auf dem Niederspannungsektor (vgl. die nebenstehende Übersicht) stützt sich auf eine hinter dem verfügbaren Zahlenmaterial versteckte ziemlich gleichmäßige Entwicklung auf den einzelnen Gebieten. Hervorzuheben ist allenfalls der stärkere Zuwachs bei der dritten Tariftranche und bei der Schwachlastabnahme des Kleinverbrauchs, der als Folge der Ausweitung einerseits und der dieser letzten Kategorie gewidmeten Förderung andererseits angesehen werden muß.

1) S.N.C.F.-Jahresbericht 1955

DIE FRANZÖSISCHEN WASSERKRÄFTE UND
IHRE BESONDEREN PROBLEME

I. DIE NATÜRLICHEN GRUNDLAGEN DER WASSERKRAFTNUTZUNG

Frankreich wird nach wasserkraftwirtschaftlichen Gesichtspunkten in der Regel in drei Hauptgebiete eingeteilt, die nach den sie beherrschenden Gebirgszügen benannt werden: Alpes, Massif Central und Pyrénées. Abgesehen von der dadurch angedeuteten räumlichen Bestimmung der Wasserkraftgebiete, die jedoch selten den geographischen Abgrenzungen entsprechend verstanden wird ¹⁾, sind es vor allem die grundsätzlichen Unterschiede hinsichtlich Oberflächengestalt, Bedingungen des Klimas und Abflußverhältnissen, die mit dieser Einteilung gekennzeichnet und gegenübergestellt zu werden pflegen. Da die natürlichen Gegebenheiten in ihrer Gesamtheit die technische und energie-wirtschaftliche Gestaltung jedes hydroelektrischen Ausbaus in wesentlichem Maße bestimmen, sollen sich die folgenden Ausführungen mit den Grundlagen, wie sie in den genannten Gebieten Frankreichs von Natur aus auftreten und für die Wasserkraft-wirtschaft von Bedeutung sind, befassen. ²⁾

- 1) Wasserkraftwirtschaftlich werden beispielsweise dem Bereich 'Alpes' meist Rhein-, Rhône- und Jura-Kraftwerke zugerechnet.
- 2) Das Studium dieser Fragen stützt sich in der Hauptsache auf:
 - P. Arbos, L'Auvergne, Paris 1932
 - R. Blanchard, Les Alpes Françaises, Paris 1925
 - J. Brunhès, Géographie Humaine de la France, Paris 1920
 - P. George, Géographie des Alpes, Paris 1942
 - F. Gex, Dans les Alpes Françaises, Paris 1929
 - H. Harms, Erdkunde in entwickelnder, anschaulicher Darstellung, Band III: Europa, Auflage 1956
 - E. de Martonne, La France Physique (Géographie Universelle VI), Paris 1947
 - E. Scheu, 'Frankreich' in: Handbuch der geographischen Wissenschaft, West- und Nordeuropa, Leipzig 1952
 - M. Sorre, Les fondements de la géographie humaine, Tome II/1: Les techniques et la géographie de l'énergie, Paris 1948
 - Derselbe, Les Pyrénées, Paris 1942

1. Die französischen Alpen

Der einen großen Teil Europas beherrschende Gebirgszug der Alpen läuft südwestlich in einem Bogen zwischen dem Genfer See und dem Mittelmeer aus. Es sind die französischen Westalpen, die mit dem Mont Blanc die höchste Erhebung Europas besitzen und sehr viel weiter südlich noch Höhen um 4000 m erreichen. Dieser Alpenteil, der den Abschluß des französischen Staatsgebietes gegen Südosten bildet, umfaßt etwa 40.000 km² und nimmt damit etwas mehr als 6 % der Gesamtoberfläche des Landes ein.

Die Begrenzung der französischen Alpen läßt sich in groben Umrissen durch das Rhône- und das untere Isère-Tal im Westen, durch den Genfer See im Norden, durch die Hochgebirgswasserscheide an der italienischen Grenze im Osten und durch die Mittelmeerküste, sowie durch die Täler des Argens und der unteren Durance im Süden angeben.

Die Alpen sind jüngere Bildungen als das Massif Central oder die Pyrenäen. Ihr Bau wurde durch die ost-westlich gerichteten alpinen Faltungsbewegungen des Tertiars bestimmt, die durch die gleichsam als Puffer wirkenden autochthonen Massive des Estérel, der Maures und des Zentralplateaus abgefangen wurden. Die Einflüsse der eiszeitlichen Vergletscherung und die Kräfte der Erosion halfen die Struktur im französischen Teil der Westalpen freilegen, die durch vier nahezu nord-südlich verlaufende Zonen gekennzeichnet wird.

Der nicht vergletscherte Voralpengürtel mit Höhen bis über 2500 m ist in Frankreich besonders deutlich ausgeprägt und erstreckt sich von den savoyischen Voralpen des Chablais, des Genevois und der Bauges und den Dauphiné-Voralpen der Chartreuse und des Vercors über die weit auseinandergezogenen Voralpen der Süd-Dauphiné und der Provence bis zu den maritimen Voralpen oder Meeralpen. Die Voralpenketten sind, vor allem im Norden, gegen die Hochalpen klar abgegrenzt durch die gewaltige westalpine Längstalfurche, die in einer fortlaufenden Zone weichen Gesteins von den Erosionskräften geschaffen werden konnte und zum größten Teil von dem für die Wasserkraftwirtschaft so bedeutsamen Abflußsystem der Isère beherrscht wird.¹⁾

1) Vgl. hierzu auch die Kartenskizzen unter Kapitel II .

Die sogenannte 'zentrale Zone' umfaßt, von Norden nach Süden, die kristallinen Formationen des Mont Blanc, der Belledonne-Kette, des Pelvoux und, nach langer Unterbrechung, des Argentera-Mercantour-Massivs, die mit dem Mont Blanc (4800 m) und den Ecrins (4100 m) die höchsten Erhebungen Savoyens und der Dauphiné bilden. In diesen mächtigen Gebirgsstöcken liegen die hauptsächlichlichen Gletschergebiete Frankreichs.

Eine recht uneinheitliche Gestaltung weist die 'innere Zone' auf, die sich — im Gebiet der Westalpen-Geosynclinalen — östlich an die Urgesteinsmassive anschließt und ihre größte Ausdehnung jenseits der italienischen Grenze hat.

Die genannten Zonen verlaufen nicht immer regelmäßig, und gerade die beiden letzteren, die zusammen die 'Hochalpen' bilden, zeigen in Frankreich Verengungen und Unterbrechungen, die im südlichen Alpenteil stärker auftreten. Damit ist neben der Unterteilung in Vor- und Hochalpen diejenige in Nord- und Südalpen angedeutet, die besonders in klimatischer, hydrographischer und daher auch hydroelektrischer Hinsicht wichtig ist. Die Grenze zwischen diesen beiden Bereichen ¹⁾ ist mit der Wasserscheide zwischen dem Isère-Becken und den Einzugsgebieten von Durance und Drôme leicht anzugeben.

Die Nordalpen, deren einzelne Züge klarer und regelmäßiger ausgeprägt sind, besitzen nicht nur die höchsten Erhebungen, sondern weisen auch größere Durchschnittshöhen als die Südalpen auf. Wenn man davon ausgeht, daß die eindrucksvolle Pyramide des Monte Viso ca. 1000 m niedriger als der Mont Blanc ist, daß den zahlreichen über 3500 m hohen Nordalpengipfeln Höhen von etwa 2500 in den Südalpen entsprechen und daß im Süden die besonders ausgedehnten voralpinen Gebiete oft nur 1500 statt 2500 m hoch sind, wird man den mittleren Höhenunterschied zwischen den beiden Alpenteilen annäherungsweise mit 1000 m beziffern dürfen ²⁾. Die Voralpenmassive zeigen im Norden eine straffe Gliederung und eine gewisse Gedrängtheit. Im Süden,

1) Die Begriffe Nord- und Südalpen beziehen sich in der vorliegenden Arbeit nur auf das Gebiet der französischen Alpen.

2) Ähnliche Relationen kommen darin zum Ausdruck, daß 75 % des Einzugsgebietes der oberen Arve über 2000 m liegen; an der Isère, oberhalb von Moutiers, sind es immer noch 60 %, während es im Durance-Becken, oberhalb von Sisteron, nur 32 % sind (L'énergie électrique en France, op.cit. S. 22).

wo sie flächenmäßig den größeren Teil des Gebirges einnehmen, laufen sie in verhältnismäßig niedrigen karstigen Plateaus und Felsbarren aus, die einen den 'Causses' des Zentralmassivs ähnlichen Charakter aufweisen und als typisch für das Landschaftsbild der Hoch-Provence bezeichnet werden können.

Das hydrographische System in den beiden Alpengebieten hat sich seinen großen Zügen nach symmetrisch herausgebildet. Als Hauptabflüsse stehen sich Isère und Durance gegenüber, während Arve und Var, jeweils zusammen mit einigen kleineren Flüssen, die Randgebiete zur Rhône bzw. zum Mittelmeer entwässern. Die Isère, die mit ihren Nebenflüssen Arly und Drac in der 200 km langen Westalpenfurche die Funktion einer Sammelrinne ausübt, nimmt alle Abflüsse der Hochalpen zwischen dem Pelvoux und dem Südabfall des Mont Blanc-Massivs auf. Die nur in ihrem obersten Teil als Hochgebirgsfluß anzusprechende Durance vereinigt in den Depressionen der Südalpen die geringeren Niederschlagsmengen eines überwiegend voralpinen Gebietes, das das Becken der Isère seiner Ausdehnung nach um fast ein Fünftel übertrifft.

Die Anlage der Abflußsysteme darf nicht nur als Ergebnis der alpinen Faltungskräfte gesehen werden; auch die eiszeitliche Vergletscherung, die sich zeitweise an der Rhône bis Lyon, an der unteren Isère bis St-Marcellin, an der Durance bis Sisteron und in den Meeralpen bis 50 km vor Nizza erstreckte, hat, ebenso wie die Erosion, ihre Spuren hinterlassen. In den hochalpinen Gebieten finden sich überall glaziale Formen wie zirkusähnliche Talschlüsse, Trog- und Hängetäler und der für den Wasserkraftausbau so bedeutsame Wechsel zwischen kaum geneigten Flußabschnitten und Gefällebrüchen, der beispielsweise am Oberlauf der Isère recht klar in Erscheinung tritt. Nur nebenbei sei erwähnt, daß sich, wie im Quellgebiet der Durance, noch in jüngerer Zeit Verlagerungen von Wasserscheiden ergeben haben.

Die unterschiedlichen Bedingungen des Klimas in den beiden Alpenbereichen werden durch die Tatsache gekennzeichnet, daß der nördliche Teil in hohem Maße den atlantischen Luftströmungen ausgesetzt ist, in den Südalpen jedoch mediterrane Einflüsse vorherrschen. Diese Gegensätze werden durch Oberflächengestalt und Breitenunterschied noch verstärkt. ¹⁾ Die Temperatu-

1) E. de Martonne, op.cit. S. 351

ren liegen im Norden fast allgemein um 5 bis 10 Grad niedriger; die innerjährlichen Temperaturschwankungen betragen 20 bis 25 Grad, während in den Südalpen Unterschiede von 20 Grad nur an wenigen Stellen ermittelt worden sind.

Kaum weniger ausgeprägt sind die Gegensätze bei den Niederschlägen und ihrer jahreszeitlichen Verteilung. In den Nordalpen dominieren westliche Luftströmungen, deren in Form von Steigungsregen befreite Feuchtigkeitsmengen den über 2000 m hohen Bergen einzelner Voralpengebiete zu jährlichen Niederschlagshöhen zwischen 2000 und 4000 mm verhelfen ¹⁾. Gegen Osten und Südosten nehmen die Niederschläge langsam ab, zumal sich hier auch lombardische Einflüsse auszuwirken beginnen. So ist der Bereich, in dem die Niederschläge 2000 mm übersteigen, im Pelvoux-Massiv schon sehr begrenzt.

Für das Gesamtbild in den Nordalpen ist entscheidend, daß 1000 mm nur in wenigen Tälern unterschritten werden, die — wie das Oisans, die Maurienne und die Tarentaise ²⁾ — durch hohe Gebirgsketten abgeschirmt sind und oft unter südöstlichen Luftströmungen stehen. Niederschläge zwischen 1000 und 2000 mm erhalten in den Südalpen nur die Übergangsgebiete zum Norden sowie die Berge der Meeralpen und des Mercantour, die den feuchten 'ligurischen' Winden aus dem Golf von Genua ausgesetzt sind. Weniger als 1000 mm Niederschlag weist der sich im Südwesten ausdehnende Voralpenbereich auf, der den Übergang zu der niederschlagsarmen unteren Provence bildet. Im Gegensatz zum Norden nehmen also die jährlichen Niederschläge in den Südalpen von Osten gegen Westen ab.

Hinsichtlich der Niederschlagsverteilung unterscheiden sich die beiden Alpenbereiche vor allem dadurch, daß die Niederschläge im Norden ziemlich regelmäßig während des ganzen Jahres fallen, im Süden hingegen eine ausgesprochene Sommertrockenheit auftritt. Ausgeprägte Maxima werden hier im Herbst und Frühjahr registriert; sie äußern sich in oft außerordentlich heftigen Regen- oder Schneefällen.

1) F. Gex, op.cit. S. 24; die Niederschlagshöhe von mehr als 4000 mm in der Chartreuse-Gruppe stellt das französische Maximum dar.

2) Bezeichnungen der oberen Täler von Romanche, Arc und Isère.

Die Wasserführung der Alpenflüsse wird nicht allein durch die Niederschlagsmengen, durch deren Verteilung und durch die jeweiligen Abflußfaktoren bestimmt. Sehr deutliche Unterschiede ergeben sich zwischen den einzelnen Systemen auf Grund der ungleichen Vergletscherung und Schneehaltung in den Einzugsgebieten. Von den mit 480 km^2 angegebenen Gletscheroberflächen der französischen Alpen gehören 25 % zum Mont Blanc-Massiv, 25 % zu den Gebirgsstöcken an der italienischen Grenze, 20 % zur Pelvoux-Gruppe, 15 % zum Vanoise-Massiv und rund 5 % zu den Grandes-Rousses sowie zur Belledonne-Kette. Mit etwa 30 km^2 ist die Vergletscherung der Südalpen sehr gering. Kleine Gletscher und einige Firnbecken haben sich im Gebiet des Monte Viso und im Mercantour erhalten können.

Ähnlich liegen die Verhältnisse hinsichtlich der Schneehaltung. In den Nordalpen hebt sich die Grenze des ewigen Schnees von Nordwesten gegen Südosten, nämlich von 2500 m Höhe in den voralpinen Ketten auf etwa 3000 m im Pelvoux-Massiv. Dementsprechend finden sich weiter südlich Schneemengen während des Spätsommers sehr vereinzelt, da sich nur wenige Gipfel über 3200 oder gar 3500 m erheben.

Bei einem grundsätzlichen Vergleich der Abflußbedingungen muß als wesentlich angesehen werden, daß der Abflußfaktor, der in großen Gebieten der Nordalpen zwischen 70 und 85 % liegt, in den Südalpen nur in einem sehr begrenzten Bereich 35 % überschreitet. Unter Berücksichtigung der in einem ähnlichen Verhältnis zueinander stehenden Niederschlagshöhen ergeben sich spezifische Abflußmengen von 30 bis etwa 70 l/s/km^2 im Norden und von 15 bis rund 30 l/s/km^2 in den Becken des Südalpen-Bereiches 1).

Die Abflußverhältnisse der Arve, deren wichtigste Daten die anschließende Tabelle 2) enthält, werden bei Chamonix ausschließlich von der Schnee- und Gletscherschmelze ihres hohen Einzugsgebietes bestimmt. Infolge der reichlichen Niederschläge ist hier der spezifische Abfluß mit mehr als 50 l/s/km^2 besonders hoch. Die Schwankungen zwischen den einzelnen Monaten,

1) E. de Martonne, op.cit. S. 365 u. 386

2) Zusammengestellt und teilweise geschätzt nach Angaben bei: R. Blanchard op.cit.; Décelle/Cabanus a.a.O.; E. de Martonne op.cit.; Le potentiel hydroélectrique...(E.C.E.)a.a.O.

die streng temperaturabhängig sind, zeigen eine bemerkenswerte Regelmäßigkeit im Lauf der Jahre. Der sehr ausgeprägten Abflußspitze, die nach zwei Monaten schnell zunehmender Wasserführung erst im letzten Teil des Monats Juli liegt, steht die anhaltende Trockenheit der Monate zwischen Oktober und April gegenüber.

BECKEN	STATION	Meerhöhe m	Einz.-Geb. km ²	mittl.Abfl. m ³ /s	spez.Abfl. l/s/km ²
<u>ARVE</u>	Les Houches	1000	300	ca 18	60
	M ü n d u n g	370	ca 2000	ca 100	ca 50
<u>ISERE</u>	Moutiers	470	1570	50	32
	M ü n d u n g	125	11.800	350	30
<u>DURANCE</u>	Serre-Ponçon	680	3600	85	23
	M ü n d u n g	20	14.200	220	15,5
<u>TINEE</u>	Le Bancairon	350	650	ca 18	28
<u>VAR</u>	M ü n d u n g	0	2800	60	22

Durch die an ihrem Mittel- und Unterlauf einmündenden Nebenflüsse, die fast nur gletscherfreie Voralpengebiete im Chablais, im Faucigny und im Genevois entwässern, wird die hochalpine Abflußcharakteristik der Arve nur teilweise abgeschwächt, so daß auch an ihrer Mündung unterhalb von Genf immer noch Schwankungen zwischen 30 und 1200 m³/s auftreten.

Während in den vergletscherten Quellgebieten der Isère und ihrer wichtigen Nebenflüsse Arc, Romanche und Drac ein mit den Bedingungen an der oberen Arve vergleichbares hochalpin-glaziales Regime vorherrscht, weist die Isère schon an ihrem Mittellauf, besonders aber an ihrem unteren Teil eine Wasserführung auf, die als schlechthin charakteristisch für einen großen Alpenfluß angesehen werden darf. Dominieren bis zur Einmündung von Isère und Arc in die Sammelrinne der Westalpenfurche noch hochalpine Einflüsse, die sich in einer durchweg über 30 l/s/km² liegenden spezifischen Abflußmenge und in einem ausgesprochenen Frühsommer-Maximum äußern, so werden schon im Grésivaudan und später unterhalb von Grenoble mildernde Faktoren wirksam.

Schon der Arly aus dem Beaufortin und der Aravis-Kette führt anstelle von Gletscherabflüssen niederschlagsbedingte Hochwässer

heran. Ähnliches gilt für die Gebirgsbäche der Belledonne-Kette und des Südabfalls der Voralpenmassive. Aus den zum Teil weit südlich gelegenen Einzugsgebieten von Drac und Bourne kommen zusätzliche Frühjahrs-Schmelzwasser. Diese Flüsse mit größten Fließen im April werden von den Schneeflächen ihrer Becken nur bis in den Mai hinein gespeist. Regenfälle spiegeln sich in ihrem Regime, das mehr niederschlags- als temperaturbedingt ist, deutlich wider. Bemerkenswert ist, daß die Niedrigwasserperioden nicht allzu stark ausgeprägt sind und daß infolge frühzeitiger Schneefälle eine zweite, wenn auch geringere Abflußspitze im Spätherbst auftritt.

Diese ausgleichenden Faktoren verhelfen der Isère an ihrem Mündungslauf zu einer insoweit verbesserten Wasserführung, als der mittlere Abfluß monatsweise nur noch zwischen dem Einfachen und Dreifachen schwankt, gegenüber einem Verhältnis von 1 : 5,2 bei Moutiers am Oberlauf. Immerhin können große Hochwasser der Rhône mehr als 2500 m³/s zuführen, was dem Siebenfachen der durchschnittlichen Fließe entspricht.

Das Regime der Durance ist dadurch gekennzeichnet, daß sein Hochgebirgscharakter zugunsten südlich-voralpiner Einflüsse noch am Oberlauf stark abgeschwächt und durch die Einwirkung mediterraner Verhältnisse schon bald soweit unterdrückt wird, daß die Gletscherschmelze nur während des fast niederschlagsfreien Hochsommers abflußbestimmend ist. Die sehr unterschiedlichen Bedingungen klimatischer und geologischer Art in den einzelnen Bereichen des Durance-Beckens kommen darin zum Ausdruck, daß die spezifische Abflußmenge zwischen Oberlauf und Mündung von 23 auf 15,5 l/s/km² absinkt, in ungleich höherem Maße also als an der Isère oder selbst am Var 1).

Die kleineren Mittelmeer-Küstenflüsse, deren Becken zu niedrig und zu südlich liegen, um nennenswerte Schneefälle und damit eine entsprechende Schneehaltung zuzulassen, zeigen ein Regime, das eng an die atmosphärischen Bedingungen gebunden ist und als 'mediterran' bezeichnet wird. Weniger einfach liegen die Verhältnisse in den für die Wasserkraftwirtschaft wichtigeren Einzugsgebieten von Var, Tinée, Vésubie und Roya, die sich bis an die Gipfel der Meer Alpen und des kristallinen Mercantour

1) Näheres über die Durance-Wasserführung unter III/1 .

erstrecken. Die Abflußcharakteristik dieser häufig in tiefen Kalkschluchten eingebetteten und stark abschüssigen Wasserläufe wird während des Winters spürbar von der Schneeablagerung und in der warmen Jahreszeit vom Mittelmeerklima bestimmt. So stehen den nur mittelhohen Abflüssen des Winters eine Hochwasserperiode zwischen Februar und April und eine Zeit reichlicher Wasserführung im Spätherbst gegenüber. Die sommerlichen Fließen sind gering, schrumpfen jedoch nicht in demselben Maß wie bei den kleinen Küsterflüssen zusammen. Hervorzuheben ist, daß die spezifischen Abflußmengen im Becken von Var und Tinée immer noch beträchtlich über den Werten an der mittleren und unteren Durance liegen.

Hinsichtlich der Abflußbedingungen im französischen Jura sei an dieser Stelle angemerkt, daß die Wasserführung der Flüsse dieses Gebirgsbereichs mit reichlichen und ziemlich regelmäßigen Niederschlägen sowie einem über 70 % liegenden Abflußfaktor annähernd derjenigen der Voralpengebiete entspricht.

2. Das Zentralmassiv

Das französische Zentralmassiv ¹⁾, eine kristalline Urgebirgsscholle, hatte ursprünglich die Gestalt einer großen Platte. Diese wurde bei der Auffaltung der Alpen von den ost-westlich gerichteten Schubbewegungen erfaßt und infolge des starken Druckes an ihrem östlichen Rand angehoben und schräggestellt. Die auftretenden Erschütterungen führten zu einem mehrfachen Bruch der Scholle. Einzelne Teile wurden emporgehoben und bildeten die Hochflächen und Massive im Osten und Westen oder formten, bedeckt von Eruptivmassen, die höchsten Erhebungen des Gebirges. Andere Teile wurden niedergedrückt, und so entstanden beispielsweise die nord-südlich verlaufenden Senkungsfelder des Loire- und des Allier-Beckens, die mit tertiären Ablagerungen aufgefüllt wurden.

Die vulkanische Tätigkeit im Zentralmassiv, die in engem Zusammenhang mit dem Bruch der Urgebirgsscholle steht, führte im Tertiär zur Aufwerfung der Dore-Berge (Puy de Sancy 1886 m) und des strahlenförmig eingekerbten Kegels des Cantal (1858 m),

1) Vgl. hierzu die Kartenskizze unter Kapitel V .

dessen damalige Höhe auf mehr als 3000 m geschätzt wird. Die nördlichere Gruppe der Dômes ist jüngeren Alters und blieb besser erhalten. Ein zweiter vulkanischer Zug zeigt sich östlich im Velay und bei Le Puy. Hier sind vor allem kleinere Kegel entstanden, die über die Hochflächen hinausragen und im Mont Mézenc (1754 m) ihre höchste Erhebung finden. Vollständig erlosch die vulkanische Tätigkeit erst gegen Ende der Eiszeit, so daß die heutigen Formen durch Nebeneinander- und Wechselwirken von eruptiven und glazialen Einflüssen, sowie schließlich durch Erosion herausgebildet worden sind.

Obwohl das Zentralmassiv nicht mit der Vergletscherung Nordeuropas in Verbindung stand, reichten größere Gletscher an den Westabhängen der Vulkane herab. So entstand beispielsweise das geräumige Trogtal der oberen Dordogne während der zweiten Eiszeit. Die zahlreichen Seen, deren Ursprung ebenfalls auf diese Periode zurückgeht, sind zum großen Teil inzwischen versumpft oder ausgetrocknet.

Die Cevennen sind kein getrenntes Gebirge; sie bilden den 1000 bis 1500 m hohen und steil gegen die Rhône-Senke abfallenden Rand, der sich in einer Länge von rund 250 km fast von Toulouse bis Lyon hinzieht und seine Fortsetzung in dem Rücken von Burgund, der Côte-d'Or, findet. Der südwestliche Teil der atlantisch-mediterranen Klimascheide der Cevennen läuft in einer aus Jura-Kalken gebildeten Hochfläche von 900 bis 1300 m Höhe, den sogenannten Causses, aus. In diese hat der Tarn mit seinen Nebenflüssen 500 bis 600 m tiefe Canons eingeschnitten. Die Landschaft ist infolge rascher Versickerung sehr trocken und weist typische Karsterscheinungen auf.

Die klimatischen Verhältnisse sind, vor allem im mittleren und nördlichen Teil des Zentralmassivs, als Funktion der atlantischen Tiefdruckgebiete aufzufassen, die Frankreich überqueren und die Häufigkeit westlicher Winde bedingen. 1) Örtliche Gegebenheiten können jedoch zu anderen Hauptwindrichtungen führen. So herrschen beispielsweise in den Längstälern von Loire und Allier südliche Winde vor, die ebenfalls Feuchtigkeit mit sich bringen. Der trockene Ostwind ist im Zentralmassiv selten, während der kalte Nordwind besonders im Winter häufig

1) Hier und im folgenden häufig nach P. Arbos, op.cit. S.25 ff.

ist und polare Kaltluftmassen heranträgt.

Im Gefolge der ozeanischen Luftströmungen sind die Niederschlagsmengen im Zentralmassiv beachtlich, wenn man von einzelnen Tälern absieht. So fallen in Clermont-Ferrand, in einem der trockensten Orte Frankreichs, weniger als 600 mm jährlich, in der Ebene des Allier nicht mehr als 700 mm. Wie in den Nordalpen nehmen die Niederschläge mit steigender Meereshöhe zu und sinken gleichzeitig von Westen gegen Osten. Am Westabhang werden bereits in 600 bis 700 m Höhe 800 bis 1200 mm gemessen, und die Hauptketten erhalten durchweg wesentlich mehr als 1200 mm. Während die Niederschläge am Westabfall schon sehr bald 1800 mm erreichen (ca. 1000 m Höhe), sinken sie auf der Ostseite und den anschließenden Hochflächen meist unter 1200 oder 1000 mm.

Die innerjährliche Niederschlagsverteilung im Massif Central läßt einen leicht kontinentalen Charakter erkennen, und zwar in dem Sinne, daß der regenreichen warmen Jahreszeit eine trockene und kalte gegenübersteht. In dieser Hinsicht zeigen sich bemerkenswerte Unterschiede zwischen den nördlichen und südlichen Gebieten. In den höheren Regionen — und deren reiche Niederschläge sind für die Wasserwirtschaft von besonderer Bedeutung — lassen sich zwei Maxima (Mai/Juni und September/Oktober) und zwei Trockenperioden im Sommer und im Hochwinter unterscheiden.

Die vorangehenden Angaben über das Klima gelten grundsätzlich auch für die Verhältnisse in den südlicheren Gebieten und in den Cevennen, die die Scheide zwischen ozeanischen und mediterranen Einflüssen bilden. Infolge dieser exponierten Lage sind größere jahrezeitliche Unterschiede und Unregelmäßigkeiten zu beobachten. Die Gesamtniederschlagsmenge liegt jedoch teilweise recht hoch und erreicht am Aigoual (1567 m) mehr als 2000 mm.

Das hydrographische System des Zentralmassivs hat sich auf Grund der Entstehung des Gebirges und durch die Einwirkungen von Eiszeit und Erosion in der Weise herausgebildet, daß eine Konzentration größerer Abflussmengen erst außerhalb des Massivs an den Mittel- und Unterläufen der Flüsse erfolgt. Wegen des schon sehr geringen Gefälles ist dort ein wasserkraftwirtschaftlicher Ausbau nur in einzelnen Fällen möglich. Bemerkenswert ist der im Gegensatz zu vielen Alpenflüssen häufig divergente Lauf der Flüsse im Massif Central. Die Loire und der Allier, die beide

nur wenig voneinander entfernt in den Cevennen entspringen, fließen auf einer Länge von mehr als 200 km parallel oder auseinander. Ähnliche Verhältnisse finden sich bei Vienne und Creuze, bei Lot, Aveyron und Tarn sowie bei Dordogne und Vézère.

Die Flüsse des Zentralmassivs kann man in fünf Gruppen einteilen, die allerdings weder nach der Fläche ihrer Einzugsgebiete und nach ihrer Abflußkonzentration noch nach saisonalen Abflußkriterien gleichwertig oder vergleichbar nebeneinanderzustellen sind. Die Vienne mit Creuze, Cher und Zuflüssen entwässert den Nordwesten; Loire und Allier verlassen das Gebirge gegen Norden und Nordosten; die kleineren Zuflüsse der Rhône und des Mittelmeers ergießen sich vom steilen Ost- und Südostabhang der Cevennen; Tarn, Aveyron, Lot und Truyère entwässern die südlichen und südwestlichen Teile des Zentralmassivs; das Becken der Dordogne und ihrer Nebenflüsse bildet das Abflußsystem im Westen des Gebirges.

Die Abflußmengen liegen im Zentralmassiv durchweg unter denen der Nordalpenflüsse. Um die gebietsweise recht unterschiedlichen Bedingungen aufzuzeigen, seien nur die folgenden spezifischen Abflußwerte angegeben: Cère 30 l/s/km², Dordogne 25 l/s pro km², Allier 11 l/s/km², Aveyron 14 l/s/km² 1).

Die saisonale Wasserführung im Zentralmassiv wird durch zwei Abflußspitzen gekennzeichnet, von denen das März/April-Hochwasser infolge der Schneeschmelze stärker als diejenige der Monate November/Dezember ist. Unter den beiden Niedrigwasserperioden tritt die der Monate August/September besonders deutlich hervor. Wenn diese Angaben über Minima und Maxima annäherungsweise auch für die meisten Wasserläufe gelten, so ist das Ausmaß der innerjährlichen Schwankungen doch sehr verschieden. Die saisonale Ausgeglichenheit der Wasserführung nimmt tendenziell von Nordwesten gegen Südosten ab. Dies geht aus dem Verhältnis zwischen Niedrigst- und Höchstwasserführung hervor, das beispielsweise für die Dège 1 : 150, für die Cère 1 : 200, für den Allier (bei Lavoûte) 1 : 1000 beträgt und für die Truyère sogar noch über diesen Werten liegen kann.

1) Der spezifische Durchschnittsabfluß liegt in den Alpen, z.B. bei Bréda und Arve, teilweise über 50 l/s/km².

3. Die Pyrenäen

Die Pyrenäen ¹⁾ sind ein fast 450 km langes Kettengebirge, das, ebenso wie die Alpen und der Jura, einen längeren Abschnitt der französischen Staatsgrenze bildet. Ihr Nordabfall ist verhältnismäßig steil im Vergleich zu der Neigung gegen das Ebro-Becken, die infolge vor- und parallelgelagerter Ketten wesentlich geringer ist. Auch in den Pyrenäen läßt sich eine innere kristalline Zone, die sich mit Unterbrechungen vom Mittelmeer bis zur Biskaya erstreckt, von den äußeren Gürteln unterscheiden. Die nördliche sedimentäre Zone aus Kreide und Jura-Kalken ist durchweg sehr schmal, während die südliche Außenzone mehrere Gebirgszüge umfaßt, die gegen das Ebro-Becken hin in ihrer Höhe abnehmen. Das auffallendste Merkmal der Pyrenäen ist die Gleichförmigkeit der Kette, deren komplizierte Entstehungsgeschichte immer noch umstritten ist. Schon in einer Entfernung von 50 km vom Mittelmeer erhebt sie sich auf nahezu 2800 m, um auf einer Länge von 300 km, bis zum Pic d'Anie (2504 m), keine Senke unter 1600 m Höhe zu zeigen. Die Gipfel der in zwei Züge geteilten Hauptkette liegen zwischen 2600 und 3400 m ²⁾.

Während der Eiszeit bestanden auch in den Pyrenäen große Gletscher. Die ausgedehnteste Vergletscherung befand sich im Becken des Gave de Pau, mit 55 km Länge und einer Stärke bis 900 m. Ergebnis der glazialen Tätigkeit sind, wie in den Alpen, Fro- und Hängetäler, Gefällsbrüche, übertiefte Flußläufe und — im Gegensatz zu den Alpen — etwa 500 kleine Bergseen, die von den Gletschern im Innern oder auf den vorgelagerten Umrangungen der kristallinen Massive geschaffen worden sind. Als typisch für die Pyrenäen können fernerhin die sogenannten Cirques, zirkusartige Talschlüsse, gelten, unter denen der 'Cirque de Gavarnie' der bekannteste ist. Diese Naturformen, die charakteristisch für die Zentral-Pyrenäen sind, finden sich in den Außenteilen weniger ausgeprägt oder gar nicht wieder. Die West-Pyrenäen, die schnell an Höhe verlieren, waren nicht vergletschert. Die von den beiden Längstälern der Têt und des Tech durchschnittenen östlichen Pyrenäen sind trotz größerer Höhen ohne Gletscher, da das hier wirksame Mittelmeerklima von den

1) Vgl. hierzu die Kartenskizze unter Kapitel VI .

2) Pic d'Aneto (Maladetta-Gruppe) 3404 m .

einstmaligen Eismassen nichts übriggelassen hat.

Die klimatischen Verhältnisse sind in den einzelnen Teilen der Pyrenäen unterschiedlich und ergeben sich aus Lage und Gestalt des Gebirges, das sich zwischen zwei Meeren erstreckt und zugleich in der Berührungsfront ozeanischer und mediterran-iberischer Einflüsse steht. Die Folge sind beträchtliche Unterschiede zwischen Süden und Norden sowie zwischen den westlichen und östlichen Ausläufern; von einem ausgesprochenen Pyrenäen-Klima kann man kaum sprechen. Dennoch läßt sich festhalten, daß die Bedingungen am Südfall durch stärkere jahreszeitliche Gegensätze und höhere Temperaturen, am Nordfall jedoch durch verhältnismäßige Kühle, Feuchtigkeit und Ausgeglichenheit gekennzeichnet sind. Sehr ausgeprägt sind die Temperaturunterschiede zwischen den westlichen und östlichen Gebirgsteilen. Im Innern, vor allem in den Höhen, herrscht ein 'climat de haute montagne', das, den verschiedenartigen Einflüssen entsprechend, regionale Unterschiede nicht ausschließt.

Die Niederschlagsmengen nehmen von Westen nach Osten und von Norden nach Süden tendenziell ab, da West- und Nordwestwinde, die am Südrand atlantischer Tiefs entstehen, ihre Feuchtigkeit vor allem an der Nordseite der beiden westlicheren Drittel des Gebirges abgeben. So übersteigen die Jahresniederschläge auf der französischen Seite in einer breiten Zone zwischen der Biskaya und dem Quellgebiet des Adour 1200 mm. Weiter östlich werden in hohen Lagen durchweg noch mehr als 1000 mm gemessen. Im Osten schließlich sinken die Niederschläge teilweise unter 500 mm ab. Eine über 1500 mm hinausgehende Jahresmenge finden wir dort nur in der exponierten Trois-Seigneurs-Gruppe.

Schneehaltung und Vergletscherung spielen in den Pyrenäen für den Ausgleich der Flußwasserführung eine weit geringere Rolle als es in vielen Teilen der Alpen der Fall ist. Zwar sind in den hohen Regionen zwischen September und Mai jederzeit Niederschläge in fester Form möglich; ewiger Schnee ist jedoch nur an wenigen Stellen unter 3000 m Höhe anzutreffen. Die Gletscher bedecken in den Pyrenäen heute noch etwa 25 km² und verteilen sich auf eine Gebirgslänge von kaum 90 km, so daß sich ihr Einfluß im wesentlichen auf die Oberläufe des Gave de Pau, der Neste und der Pique beschränkt.

Die französischen Pyrenäen-Flüsse verlaufen meist rechtwink-

lig zur Kette, und ihre Länge bis zum Austritt aus dem Gebirge (40 bis 80 km) ist daher sehr gering. So erklärt sich die beschränkte Konzentration der Abflusssmengen innerhalb des Gebirges, die sich in mittleren Fließen zwischen 30 und 50 m³/s widerspiegelt. Notwendige Folge des kurzen Talwegs der Flüsse ist ihr starkes Gefälle, das, wenn auch sehr ungleichmäßig, an den Oberläufen bis zu 1000 m/km geht. Deutliche Gefällsbrüche finden sich bei der meisten Wasserläufen zwischen 1700 und 2100 m Höhe, bei 1200 m, bei 900 m und schließlich bei 600 m. Besonders starke Gefälle ergeben sich bei den Einmündungen kleinerer, in Hängetälern fließender Gebirgsbäche in die Hauptabflüsse, wodurch der Charakter des Pyrenäen-Wasserkraftausbaus nicht unwesentlich bestimmt wird.

Wie schon angedeutet, wird die Wasserführung der Pyrenäen-Flüsse weniger durch Vergletscherung oder durch kompensierende Wirkung größerer Einzugsgebiete als vielmehr durch die relativ günstige innerjährliche Niederschlagsverteilung ausgeglichen. Dies gilt besonders für den gletscherfreien atlantischen Teil des Gebirges, in dem die saisonale Abflußverteilung fast genau dem Niederschlagsregime entspricht. Das Herbstmaximum entspricht mengenmäßig nahezu dem des Frühjahrs; im Winter gehen die Fließen kaum zurück, während eine etwas ausgeprägtere Niedrigwasserführung in den Spätsommermonaten zu beobachten ist.

In den Zentral-Pyrenäen fällt die Hochwasserspitze immer in den Juni. Die spätere Schneeschmelze in den Hochlagen, der Beitrag der Gletscher und die häufigen Regenfälle verhindern hier ein überstarkes Sinken der Abflüsse im August und September. Eine anhaltende Wasserklemme wirkt sich in der Zeit zwischen November und März aus, wenn die Niederschläge in fester Form fallen und keine nennenswerten Schmelzwasser entstehen können.

In den Ost-Pyrenäen werden die mit Abstand größten Abflusssmengen vom April bis in den Juni hinein gemessen. Dem an den Unterläufen der Küstenflüsse besonders stark ausgeprägten Niedrigwasser während des Hochsommers folgen zur Zeit der Herbstgewitterregen kurze, aber oft katastrophale Flutwellen. Auch hier weisen die oberen Becken im Winter sehr geringe Fließen auf, eine Erscheinung, die sich durch die Höhe des Gebirges leicht erklären läßt.

II. DIE WASSERKRÄFTE IN DEN FRANZÖSISCHEN NORDALPEN

Die Tatsache, daß der nördliche Teil der französischen Alpen infolge seiner Lage und seiner Ausbildung ein im Verhältnis zu seiner räumlichen Ausdehnung besonders großes Wasserkraftpotential besitzt, zeichnet sich energiewirtschaftlich darin ab, daß der bisherige Ausbau dort die bedeutendste hydroelektrische Produktionsballung Frankreichs entstehen ließ. Die jährliche Darbietung aller in diesem Gebiet arbeitenden Werke hat die 10 TWh-Grenze überschritten und wird auch in naher Zukunft noch beträchtlich ansteigen. — Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde für die folgenden Ausführungen eine Unterteilung in drei ihrer Erzeugung nach fast gleichwertige Bereiche vorgenommen, die sich geographisch mit genügender Genauigkeit abgrenzen lassen: Hoch-Savoyen mit Jura; das Einzugsgebiet der oberen Isère und des Arc; der Bereich der mittleren und unteren Isère mit den Becken von Romanche und Drac. ¹⁾

1. Die Wasserkraftwerke in Hoch-Savoyen und im Jura

Bis auf die diesem Abschnitt angefügten Angaben über die Jura-Kraftwerke deckt sich das behandelte Gebiet praktisch mit dem Tätigkeitsbereich der E.D.F.-Produktionsabteilung Savoie, ohne jedoch mit dem Departement Haute-Savoie oder mit einem geschlossenen Flußsystem vollkommen übereinzustimmen. Es umfaßt die Wasserläufe, die die hochsavoyardischen Gebirgs- und Gletschergebiete, vor allem aber das Mont Blanc-Massiv nach mehreren Seiten und schließlich zur Rhône hin entwässern: die verzweigte Dranse, den Giffre, den Fier, den Arly und die Arve, die mit mehreren Zuflüssen die Niederschläge des höchsten Gletschergebietes der Alpen abführt und die Rhône unterhalb von Genf erreicht.

- 1) Die für die Abschnitte über die einzelnen Wasserkraftgebiete verfügbare Spezial-Literatur ist in einer eigenen Aufstellung am Schluß der Arbeit zusammengefaßt. Daneben wurde auch auf Werke allgemeiner und umfassenderer Art zurückgegriffen, die im 'Allgemeinen Teil' mehrfach angeführt worden sind.

Diese Flußsysteme wiesen auch nach dem letzten Krieg nur mittelgroße Werke auf, die der lokalen Versorgung, der elektrischen Zugförderung oder den Bedürfnissen der elektrochemischen und -metallurgischen Industrien (Péchiney und Ugine) dienten. Inzwischen hat sich die Situation leicht gewandelt. Die Bedeutung der Nachkriegsbauten Bioge, Ugine, Passy und Pressy sowie des modernisierten Vollausbaus Tré-la-Tête → Girotte → Belleville → Beaufort → Venthon geht über den örtlichen Rahmen hinaus, und das im Bau befindliche Großspeichervorhaben Roselend/La Bathie wird den Energieüberschuß des Gebietes weiter erhöhen.

Die modernen Kraftwerke Passy an der Arve und Ugine am Arly, auf die etwas näher eingegangen werden soll, weisen eine technische Ausrüstung auf, die in ähnlicher Art bei vielen Hochdruckwerken in Frankreich wiederzufinden ist. Zum Vergleich folgen einige Angaben über die wesentlichen Merkmale beider Anlagen. ¹⁾

	<u>P A S S Y (Arve)</u>	<u>U G I N E (Arly)</u>
Einzugsgebiet	ca 300 km ²	ca 200 km ²
Höhe desselben	1000 bis 4500 m	800 bis 2500 m
Mittlere Abflußmenge	ca 18 m ³ /s	7,5 m ³ /s
Ausbauwassermenge	30 m ³ /s	10 m ³ /s
Ø Turbinenwassermenge	14 m ³ /s	ca 6 m ³ /s
Höchstes Rohgefälle	387 m	379 m
Turbinen	8 Pelton, je 1 Inj.	4 Pelt., je 2 Inj.
Generatoren	4 x 27 MVA	2 x 20 MVA
Max. Stundenleistung	100 MW	33 MW
Mittlere Jahresarbeit	355 GWh	148 GWh
Erzeugung 1955	321 GWh	145 GWh
Erzeugung 1956	328 GWh	129 GWh
Mittlere jährliche Benutzungsdauer	3550 Stunden	4250 Stunden
Errichtungsperiode	1947 bis 1952	1946 bis 1950/51

Die beiden neuen Werke nutzen die naturgegebenen Möglichkeiten bedeutend besser als die alten Anlagen, deren Stromerzeugung, soweit sie nicht stillgelegt werden mußten, durch den

1) Quellen: Besichtigung im Oktober 1955; E.D.F.-Angaben; daneben: Pousse/Loubaton und M. Orth (vgl. Spezial-Literatur).

Entzug von Triebwassermengen stark zurückgegangen ist. Die Zuleitung von Passy schneidet durch Durchbohrung eines Gebirgsmassivs einen Bogen der Arve ab und schafft so auf nur 6 km Länge einen nutzbaren Höhenunterschied von nahezu 400 m. Auch bei Ugine handelt es sich um ein Umleitungs-Kraftwerk, jedoch mit einer im Vergleich zu Passy halb so großen mittleren Abflußmenge.

In den vorangehenden Angaben spiegelt sich der unterschiedliche Charakter der Einzugsgebiete und Abflußverhältnisse wider: bei mehr als zweifachem Arbeitsvermögen des Werkes Passy ist dessen Einzugsgebiet nur um 50 % ausgedehnter als das von Ugine. Seine große mittlere Höhe bedingt reichere Niederschläge und einen bedeutenden Anteil davon in fester Form, sowie eine umfangreiche Vergletscherung, die sich wiederum auf das langanhaltende Sommerhochwasser auswirkt. Dieses findet sein Gegenstück in den niedrigen Abflußmengen in den Monaten November bis April. Um diesen starken, sich jedoch für jeweils mehrere Monate etwas beruhigenden Schwankungen gerecht zu werden, ist der Ausbauzufluß in der Anlage Passy immerhin dreimal so groß wie bei Ugine, was seinen Niederschlag in der geringeren Benutzungsstundenzahl findet. Am Arly sind die saisonalen Abflußschwankungen infolge häufigerer Regenfälle, ganz beträchtlicher Schneeablagerung, aber fast keiner Vergletscherung weniger ausgeprägt und von sehr verschieden langer Dauer, da die Übergangsperioden im Herbst später und im Frühjahr zeitiger liegen. So kommt es, daß die Sommerproduktion hier nicht so überbetont ist wie im Kraftwerk Passy.

Bemerkenswert im Gebiet des Mont Blanc ist der 1916 begonnene und von der Elektrometallurgie-Gesellschaft UGINE durchgeführte planmäßige Vollausbau des Doron de Beaufort, der 1936 vorläufig beendet wurde, jedoch nach verschiedenen in und nach dem Kriege vorgenommenen Erweiterungen und Verbesserungen erst jetzt seiner eigentlichen Vollendung entgegensieht. Diese Gruppe von acht Kraftwerken nutzt eine Bruttofallhöhe von mehr als 1500 m und hat eine mittlere Jahresdarbietung von fast 500 GWh.

Einen Überblick über die ausgebauten Wasserkräfte in Hoch-Savoyen verschafft die anschließende Zusammenstellung. 1)

1) Quellen: Wasserkraftstatistik 1954; neuere Informationen.

F L U S S W E R K		Inst. Leistg MVA	Jahr.-Arbeit GWh	Roh- fall m	Ausbau- wasser m ³ /s	Speichermög- lichkeiten; Bemerkungen
DRANSE	Bonnevaux Chevenoz	6	21	-	-	Projekt: 90 GWh
	Bioge	23,5	75	114	26	
PIER	Brassilly Chavaroche	12,2	50	-	-	nutzbare Re- serve des Lac d'Annecy: 15 Mio. m ³
	Vallièrès	18,5	34	18	100	
	Motz	20	63	38	65	
GUIERS	3 kl. Werke	26	65	-	-	Sp.11 Mio.m ³
A R V E	Chavants Châtèlard	7,5	22	-	-	Projekte an ob.Arve: 400 GWh u.an unt. Arve: 110 GWh
	Chedde	15,5	40	146	12,5	
	Passy	110	355	388	30	
Bonnant	2 kl. Werke	9,5	20	-	-	1956 vollendet
	Le Fayet	12	42	175	10	
Giffre	Le Giffre	11	15	73	17	
	Pressay	32	94	146	22	
Borne	St-Pierre	7	20	104	6	
Z u s a m m e n		965				Sp.50 Mio.m³ Ketten- ausbau
A R L Y	Ugine	40	148	383	10	
	Doron	36	60	542	10	
	de Hauteluce	9	22	183	6,5	
	Beaufort	15	80	393	4,5	
	Beaufort	25,5	130	281	11	
	Villard	10,5	55	119	10	
	Queige	10,1	60	101	12	
	Roengiers	6,5	40	78	11	
	Venthon	13	62	105	11	
Z u s a m m e n		660				
Flüsse im Beau- fortin	La Bathie	3	14	430	0,9	1956 vollendet noch im Bau
	Feissons	13,5	56	770	2	
	Roselend	560	ca 690 netto	1225	50	
Z u s a m m e n		760				
I N S G E S A M T		rund	2400	(davon 700 GWh noch im Bau)		



Abbildung 4: Die Wasserkraftnutzung in Hoch-Savoien

Den Ausbau des Doron de Beaufort krönt ein in 1920 m Höhe gelegenes und in Frankreich bisher einzigartiges Entnahmebauwerk, nämlich der bis direkt unter den Tré-la-Tête-Gletscher herangeführte 18 km lange Stollen. Er leitet die Schmelzwasser bis an eine Stelle, von der sie über eine Turbinendruckrohrleitung und ein geplantes Kraftwerk mit einer Höhendifferenz von 140 m in den von einer Stützpfeiler-Staumauer vergrößerten

natürlichen Bergsee La Girotte turbinieren werden sollen. Sein nutzbarer Speicherinhalt von 50 Mill. m³ in 1750 m Höhe erlaubt bei einer jährlichen Abflußsumme von rund 70 Mill. m³ die Zurückhaltung des gesamten sommerlichen Zuflusses und damit eine vollständige jahreszeitliche Regulierung der an die unterhalb gelegenen Kraftwerke abzugebenden Triebwassermengen. Die Pelton-Turbinen des neu aufgebauten Kraftwerkes Belleville ¹⁾ arbeiten unter einem veränderlichen Gefälle von etwa 500 m und sind außer mit den als Motor schaltbaren Generatoren direkt mit Druckpumpen gekoppelt, um regionale Stromüberschüsse in wertvolle Speicherarbeit umwandeln zu können.

Flußabwärts folgen sechs in Reihe arbeitende Anlagen, unter denen die Kraftstufe Beaufort, die auch die Rückgabewasser des Werkes Fontanus abarbeitet, ihrer Leistung und Jahreserzeugung nach die wichtigste ist. Die Speichermöglichkeiten, die die Gruppe am Doron de Beaufort heute besitzt, stehen hinsichtlich des Arbeitsvorrats an sechster Stelle in Frankreich und nehmen den zweiten Platz in den Alpen ein. Der Speichernenninhalt beträgt fast 145 GWh, d.h. jeder zurückgehaltene Kubikmeter Wasser erzeugt bei seinem Abfluß bis zum Arly fast 3 kWh.

Die Anlagen am Doron de Beaufort werden in ihrer Gesamtheit von dem in demselben Gebiet im Bau befindlichen Speichersystem Roselend/La Bathie erheblich übertroffen werden. Hier werden Bergbäche und Abflüsse zahlreicher Gletscher südlich des Mont Blanc-Massivs dem künstlich vergrößerten Speichersee von Roselend zugeleitet, um dann unter einem Gefälle von mehr als 1200 m die Turbinen eines einzigen Kraftwerkes zu treiben. Der durch eine gigantische Staumauer mit mehrfacher Wölbung (Höhe etwa 150 m, Betonvolumen ca. 1,2 Mill. m³) aufgestaute See liegt nach Vollendung des Vorhabens über 1500 m hoch und enthält dann eine nutzbare Reserve von 240 Mill. m³. Das Kavernen-Kraftwerk, für das die außergewöhnlich hohe Leistung von 560 MVA ²⁾ vorgesehen ist, wird praktisch nur Spitzenenergie abgeben; bei einem mittleren Jahresarbeitsvermögen von rund 700 GWh ergibt sich eine sehr niedrige Benutzungsdauer, die einer vollen Leistung von täglich etwa drei bis vier Stunden entspricht.

1) Die alte Anlage war durch Lawinen zerstört worden.

2) Der Leistung nach das stärkste Werk Frankreichs vor Génissiat.

Das Vorhaben von Roselend/La Bathie ist sichtbarster Ausdruck der Bestrebungen der E.D.F., auf dem Wasserkraftsektor Speicherkapazitäten mit gekoppelten Spitzenkraftwerken zu schaffen, um den Ausgleich im Verbundnetz nicht allein den im Norden Frankreichs konzentrierten thermischen Stromerzeugungsanlagen zuzuschieben.

Im Tal der Isère, nur wenige Kilometer von dem bestehenden kleinen Kraftwerk La Bathie, ist die automatische und fernzusteuernde Anlage Feissons mit einer Darbietung von 55 GWh jährlich im Jahr 1956 in Betrieb gegangen. Diese beiden Hochdruck-Umleitungskraftwerke werden von Gebirgsbächen des 2500 m hohen Mont Coin (Beaufortin) gespeist.

Abschließend läßt sich zur Entwicklung des Wasserkraftausbaus in dem behandelten hochsavoyardischen Gebiet sagen, daß das zwischen der nördlich der Aravis-Mont-Blanc-Wasserscheide vorhandenen recht verstreuten Elektrizitätserzeugung und den standortmäßig außerordentlich zusammengedrängten Wasserkraften südlich dieser Trennungslinie bisher bestehende Gleichgewicht im Begriff ist, verloren zu gehen, da im Zuge einer weiteren Ballung auf engstem Raume und in wenigen Anlagen die Wasserkraftnutzung im südwestlichen Mont Blanc-Massiv um mehr als 100 % zunehmen wird. Dabei wird die Speicherkrafterzeugung, die schon bisher für dieses Gebiet kennzeichnend gewesen ist, noch mehr in den Vordergrund treten und somit Aufgaben zu erfüllen haben, die sich aus dem Verbundbetrieb auf breitester Basis ergeben.

Von geringer Bedeutung im Vergleich zu den übrigen Wasserkraftgebieten Frankreichs sind die meist kleineren Werke im französischen Jura. Von 24 Anlagen haben nur sieben ein Jahresarbeitsvermögen über 50 GWh, das größte Werk erreicht 100 GWh. Der Ausbau an den Zuflüssen der mittleren Rhône sowie an dem in einem großen Bogen aus dem Jura kommenden Doubs ist durch eine sehr wirtschaftliche Ausnutzung der allerdings begrenzten natürlichen Gegebenheiten gekennzeichnet. Hervorzuheben ist der das ganze Jahr über günstige Abfluß im Jura-Gebiet, der im großen und ganzen Mittelgebirgscharakter aufweist.

Die einzige Kraftstufe mit einer jährlichen Produktion von 100 GWh ist das nach dem zweiten Weltkrieg erbaute Schweizer-französische Grenzkraftwerk Le Châtelot, dessen durch ein Speicherbecken auszugleichende Erzeugung hälftig auf beide Länder aufgeteilt wird.

Von regional nicht zu unterschätzender Bedeutung sind die durchweg künstlich geschaffenen Speicherreserven, die in der Lage sind, kurzzeitige Abflussschwankungen auszugleichen oder Spitzenenergie zu liefern.

F L U S S W E R K		Inst. Jahr.- Leistung MVA	Arbeits- leistung GWh	Ge- fälle m	Ausbau- wasser m ³ /s	Speicher- möglich- keiten
AIN und Neben- flüsse	Chartreuse	13,5	40	26	60	Sp. 10 Mio. m ³ (im Bau) Sp. 4,5 Mio. m ³
	Cize-Bolozon	25,5	80	17,5	190	
	Allement	35	95	20	180	
	Moux	29	65	99	30	
	9 kl. Werke	34	100	-	-	
DOUBS und Neben- flüsse	Le Châtelot (nur franz.Ant.)	18,5	50	97	20	Sp. 30 Mio. m ³ Sp. 4 Mio. m ³
	Le Refrain	18,5	62	64	23	
	Liebvillers	12	48	37	40	
	Mouthier	22	77	132	17	
	6 kl. Werke	22	67	-	-	
Z U S A M M E N		650				

Projekte für mehrere Kraftwerke und Speicherbecken sind für die oberen Flußstrecken von Ain, Doubs und Valserine ausgearbeitet worden; auf längere Sicht jedoch scheint der hydroelektrische Ausbau der Jura-Flüsse nur wenig Entwicklungsmöglichkeiten zu bieten.

.) Die Zahlenangaben über die Jura-Kraftwerke sind fast durchweg der Wasserkraftstatistik 1954 entnommen worden.





Oben: Überquerung
der Arve-Schlucht
durch die Triebwasser-
zuleitung des Werkes
PASSY (Photo
H. Baranger-Paris)



Links: Pelton-
Maschinensätze im
Kraftwerk UGINE
(Photo Hochgrassl)



Oben: Blick auf die
Mauerkrone von
TIGNES; im Hinter-
grund der teilweise
neu entstandene Ort
Tignes-les-Boisses
(Photo Hochgrassl)



Rechts: Druckrohr-
leitungen und Kraft-
werk von Malgovert
(Photo :
H. Baranger-Paris)

2. Der energiewirtschaftliche Ausbau am Oberlauf der Isère und am Arc

Isère und Arc bilden die nora- bis südwestliche Begrenzung der Grajischen Alpen und umschließen deren westlichen Teil, die Vanoise-Kette sowie das Grand-Arc-Massiv, vollkommen: beide Flußsysteme haben ihren Ursprung im Gletschergebiet um den Iséran-Paß, der den tiefsten Einschnitt der Wasserscheide zwischen den Einzugsgebieten von Arc und Isère bildet, und strömen in großen, nach Norden bzw. Süden geöffneten Bögen in Richtung auf die mächtige Furche der französischen Westalpen.

Die von den an der italienischen Grenze liegenden Gletschern herabfließende Isère zeigt ein ausgeprägt hochalpines Regime. Eine Besonderheit ihrer Wasserführung besteht darin, daß frühzeitig im Herbst gefallene und dann geschmolzene Schneemengen zu einem stärkeren Herbsthochwasser führen. Im übrigen bieten sich ihr Oberlauf, die 'Tarentaise', mit seinen ausgeprägten Gefällestufen und engen Felsdurchlässen ebenso wie die Einschnitte der Nebenflüsse zum Groß-Wasserkraftausbau geradezu an.

Der fast 130 km lange Arc hat eine ungleichmäßigere Wasserführung. Südliche und lombardische Einflüsse führen zu solchen katastrophalen Hochwasserwellen wie zuletzt im Sommer 1955 und dann wieder im Frühjahr 1957. Tal und Bett des Flusses ermöglichen jedoch im Gebiet der 'Maurienne' den Ausbau zahlreicher Kraftwerke, die zum Teil die steil herabstürzenden Wasser von Nebenflüssen in ihren Turbinen abarbeiten. Ausgesprochene Großanlagen sind in der Maurienne, deren Ausbau vielfach auf die Zeit um 1900 zurückgeht, nicht entstanden.

Wie aus der anschließenden Zusammenstellung hervorgeht, stützt sich die Wasserkraftnutzung im Becken der oberen Isère auf den modernen Ausbau Tignes → Malgovert (700 GWh) im Quellgebiet der Isère, auf die im Laufe von Jahrzehnten entstandene Gruppe an den 'Dorons' oberhalb von Moutiers (450 GWh) und schließlich auf das neu erbaute Umleitungs-Großkraftwerk Randens mit ebenfalls 450 GWh jährlichen Arbeitsvermögens, das dem unteren Abschluß des Hoch-Isère-Ausbaus eine ganz besondere Note gibt. ¹⁾

1) Quellen: Wasserstatistik 1954, verschiedene neuere Angaben.

Kraftwerke an der I S È R E	Inst. Leistung MVA	Jahr.- Arbeit GWh	Roh- fall m	Ausbau- wasser m ³ /s	Speichermög- lichkeiten; Bemerkungen
Le Chevril	22	65	416	6	Sp.10 Mio.m ³
Val d'Isère (1.Bau)	18	52	200	10	
Umleitung Arc-Isère		255	(Mehrproduktion)		noch im Bau
Les Brévières	108	120	233	50	Speicher: 230 Mio. m ³
Malgouvert	240	505	750	45	
Viclaire	38	34	398	12	Projekt: 200 GWh MJA V
Pomblière	13	55	75	21	
Moutiers	5,5	23	27	22	
Randens (Isère-Arc)	144	450	152	100	
Kraftwerke an den D O R O N S und an Nebenflüssen					
Pralognan	50	160	712	10	
Villard-du-Planay	14	55	< 557 233	2,8 2,1	
Vignotan-la-Perr.	27	105	179	16	
Bozel (Rosières)	10,5	50	695	2	
La Rageat	20,5	80	365	4	
N-D de Briançon	3,5	20	233	2	
I N S G E S A M T	2030 (davon 310 GWh noch im Bau)				

Der Ausbau der Hoch-Isère wird durch den unter der Bezeichnung 'Tignes' bekannt gewordenen und im Jahre 1953 gefüllten Stausee Lac du Chevril gekrönt, der in einer Höhe von fast 1800 m die Abflüsse aus dem vergletscherten Einzugsgebiet von etwa 200 km² zurückhält und ein Nutzvolumen von 230 Mill. m³ besitzt. Die schlanke Bogenstaumauer mit einer Höhe von 180 m — heute noch die höchste Frankreichs und die dritthöchste der Welt — ist in einer felsenschlucht-ähnlichen Verengung des Isère-Bettes bei dem inzwischen versunkenen Ort Tignes errichtet und enthält 650.000 m³ Beton. Das kühne Bauwerk mit einem Halbmesser von 150 m und einer Kronenlänge von fast 300 m ließ in dem sich flußaufwärts wieder verbreiternden Tal den Stausee mit einer Fläche von 270 ha entstehen, der sich bis nahe an den

bekannten Wintersportort Val d'Isère ausdehnt. Im Zuge der gewaltigen Bauarbeiten mußten mehrere hundert Einwohner evakuiert und zahlreiche Straßenabschnitte neu erbaut werden.

Außer der Isère selbst führt eine ergänzende Wasserbeileitung dem Speichersee linksseitig die Abflussmengen des Ponturin zu, während die Gefälleenergie der Gletscherbäche Nantcruet, Glous, Sassiére und Calabourdane im Kraftwerk Le Chevril, das sich am rechten Ende der Staumauer befindet, ausgenutzt wird, bevor sie dem Speicherinhalt zuwächst. Ein 10 Mill.m³ fassendes Reservoir an der Sassiére ist 1956 in fast 2500 m Höhe fertiggestellt worden; im Bau befindet sich die interessante Ableitung 'Arc → Calabourdane → Tignes', die eine Mehrproduktion von etwa 250 GWh in den Kraftwerken an der oberen Isère ermöglichen soll. Die Arbeiten an einem kleineren Werk, Val d'Isère mit rund 50 GWh jährlicher Darbietung, haben 1955 begonnen und werden die Nutzung des Quellgebietes der Isère vervollständigen.

Erwähnt sei in diesem Zusammenhang, daß nach dem letzten Krieg Pläne für einen internationalen Mammutspeicher bei Val d'Isère ausgearbeitet wurden, für ein Vorhaben, das sich fast mit den sowjetrussischen Plänen zur 'Umgestaltung der Natur' hätte messen können. Eine rund 500 m hohe Staumauer sollte in 1000 bis 2500 m Höhe eine Wassermenge von fünf Milliarden Kubikmeter (Arbeitsvorrat etwa 20 TWh) aus einem über 5000 km² großen Einzugsgebiet, das zur Schweiz, zu Italien und zu Frankreich gehört, sammeln und eine zwischenjährlich regulierte Abgabe dieses gewaltigen Volumens ermöglichen. Mit einer Verwirklichung des Projektes ist, nicht nur aus energiewirtschaftlichen Gründen, kaum mehr zu rechnen.

Für Frankreich selbst ist jedoch der See von Chevril allein schon von größter energetischer Bedeutung. Sein Nenninhalt entspricht etwa 23 % der 1956/57 verfügbaren Speicherarbeit; die zurückgehaltene Wassermenge reicht zur Erzeugung von fast 500 GWh in den Kraftstufen Brévières/Malgovert aus und ergibt unter Berücksichtigung der talabwärts beeinflussten Anlagen eine Darbietung von 620 GWh. Die Umwandlung der im Becken von Tignes gespeicherten Energie erfolgt in den beiden Werken Brévières, auf der Talsohle liegend, und Malgovert, das 20 km flußabwärts

unweit von der 90 Grad-Richtungsänderung der Isère bei Bourg-Saint-Maurice errichtet wurde. Die 15 km lange Triebwasserzu-
leitung mit einer Kapazität von $45 \text{ m}^3/\text{s}$ macht erst auf den
letzten 1500 m vor dem Werk Malgovert einer doppelten Druck-
rohrleitung Platz ¹⁾. Erwähnenswert sind die Maschinensätze
dieser Kraftstufe, die mit einer Leistung von je 105.000 PS
(80 MVA) die zur Zeit größten in Frankreich betriebenen Pelton
Turbinen enthalten ²⁾.

Der besondere Charakter der Anlage Randens ('Isère-Arc')
liegt in der Tatsache, daß die Isère-Wasser durch einen 16 km
langen Tunnel unter einer Gebirgsabdeckung bis zu 1800 m dem
am Unterlauf des Nebenflusses Arc errichteten Kavernen-Kraft-
werk zugeführt werden, um nach ihrer energiewirtschaftlichen
Nutzung zusammen mit dem Arc wieder der Isère zuzufließen. Das
Entnahmebauwerk bei Aigueblanche bildet ein Becken mit 0,4 Mil-
 m^3 Nutzinhalt und leitet bis zu $100 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Zuleitungsstol-
len, der einen Querschnitt von 38 m^2 besitzt und das kristalli-
ne Massiv des Grand Arc durchquert. Bei den Tunnelbauarbeiten
handelte es sich um das größte Vorhaben dieser Art seit dem
Bau des Lötschbergtunnels vor fast 50 Jahren, wobei allerdings
neuartige Bohr- und Auskleidungsverfahren einen erheblich
schnelleren Durchstich, nämlich in vier Jahren, ermöglichten.

Beachtenswert ist das Großkraftwerk selbst, das vollständig
in das Gebirgsmassiv hineingesprengt wurde und durch einen un-
verkleideten Tunnel von 250 m Länge zugänglich ist. Die Räume
enthalten auf sehr genau aufgeteiltem Raum alle nötigen Ein-
richtungen und bestechen wie bei den meisten modernen Werken
durch den übersichtlichen und sauberen Einbau der Anlagen so-
wie durch die in diesem Falle recht glücklich gelöste indirekte
Beleuchtung.

Die Baukosten dieser 1954 in Betrieb genommenen Kraftstufe
betrugen 19 Mrd. frs und lagen mit etwa 40 frs pro jährlich
erzeugbarer Kilowattstunde für ein Werk dieser Art nicht über-
mäßig hoch.

- 1) Die Jahreserzeugung des 1925 gebauten Werkes Viclaire von
ehemals 200 GWh ist nach der Inbetriebnahme von Brévières/
Malgovert auf weniger als ein Fünftel zurückgegangen.
- 2) Nach Erkundigungen an Ort und Stelle im September 1956.

Im Gegensatz zu den Anlagen an der oberen Isère besteht für die fünf wichtigen Werke am Doron de Bozel und an seinen Zuflüssen bis heute noch keine Möglichkeit eines Speicherbetriebes. Die Triebwasserfassungen sind durchweg an frei abfließenden Gebirgsbächen errichtet worden. Der Ausbau in diesem Flußsystem begann schon sehr frühzeitig durch das Chemieunternehmen Bozel-Malétra und ist nach der 1949 erfolgten Fertigstellung des während des Krieges begonnenen stärksten Werkes der Gruppe, Pralognan, vorläufig zum Stillstand gekommen. Es bestehen Pläne für einen Speichersee am Doron de Champagny (Nutzinhalt 130 Mill. m³); jedoch scheinen die einer Verwirklichung entgegenstehenden technischen Probleme, die sich schließlich auf die Stabilität des Beckens auswirken müßten, noch nicht vollständig gelöst zu sein.



Abb.5: Der Wasserkraftausbau am Oberlauf der Isère und am Arc

Das Becken des Arc enthält eine große Anzahl von Wasserkraftwerken; jedoch handelt es sich, im Gegensatz zur Isère, an der die neuen Großanlagen in den Vordergrund treten, um viele mittlere und kleine Werke mit einem Alter von manchmal 40 und 50 Jahren, wie beispielsweise Prémont und Calypso aus den Jahren 1897 und 1898. Nur die beiden modernen Anlagen La Bissorte (1935 und 1948) und Aussois (1951), die als einzige in diesem Gebiet gewisse Speichermöglichkeiten besitzen, haben eine über 100 GWh hinausgehende Jahresproduktion, während die dritte Kraftstufe aus der Nachkriegszeit, Arvan (1949), 90 GWh erreicht. 1)

Kraftwerke im Becken des A R C	Inst. Leistg MVA	Jahr.- Arbeit GWh	Roh- fall m	Ausbau- wasser m ³ /s	Speichermöglichkeiten und Bemerkungen
Aussois	90	290	861	12	2 kl. Sp. mit zus. 12 Mio. m ³ Mt-Cenis-Projekt Sp. 40 Mio. m ³
Avrieux	19	80	106	23,5	
La Bissorte	83	185	1152	7,5	
La Praz	18,5	49	82	15,5	verschiedene Projekte am Oberlauf
Prémont	25,5	80	84	24,5	
La Saussaz	31	75	85	24,5	
St-Michel-de-M.	14	69	52	26,5	weitere Planungen: Goncelein und Hermillon mit zus. etwa 1000 GWh MJAV
Montricher	14	55	44	30	
St-Jean-de-M.	32	85	77	32	
Pontamafrey	18	76	42,5	30	
La Christine			7	50	
Châtelard	14	38	750	2	Hochdruckkraftwerke an Zuflüssen des unteren Arc; Werkstandort meist im Tal des Arc
Calypso	16	80	613	3	
Arvan	30	90	581	6,5	
Ste-Marie	11,5	50	307	4	
10 kl. Werke	30	95	-	-	
I N S G E S A M T		1400			

Die Kraftstufe La Bissorte nutzt ein eiszeitliches Trogtal aus, das an seinem unteren Ende durch einen Felsriegel nahezu abgeschlossen ist. Der enge und tief eingeschnittene Durchlaß,

1) Quelle: Wasserkraftstatistik 1954; Ergänzungen.

er bei einem horizontalen Abstand von 2 1/2 km immerhin 1150 m über dem Bett des Arc liegt, wird durch eine 65 m hohe Gewichtsaumauer versperrt, wodurch ein See mit einem nutzbaren Volumen von 40 Mill. m³, entsprechend einem Arbeitsvorrat von 100 GWh, zur Verfügung steht. Das Werk Bissorte, dessen Maschinensätze kurzfristig auf eine Leistung von 75 MW hochgefahren werden können, war bei seiner Fertigstellung im Jahre 1935 eines der ersten seiner Art in Frankreich und gewährleistete den Spitzen- und Saisonausgleich in der Versorgung der stromintensiven Industrien im Tal des Arc. Die Anlage, die nach ihrer Zerstörung im Jahre 1944 unverändert wieder aufgebaut worden ist, erhielt 1955 eine ergänzende Wasserbeileitung, die die Jahreserzeugung um 50 GWh auf 185 GWh steigen ließ.

Die am oberen Arc gelegene Anlage Aussois verfügt nur über beschränkte Speichermöglichkeiten in zwei kleineren Stauseen. Weitere Wasserfassungen und -zuleitungen erstrecken sich jedoch über ein ausgedehntes Gebiet am Südabfall der Vanoise-Kette und sollen noch weiter ausgebaut werden. So ist vor allem die Fertigstellung eines längeren Stollens vorgesehen, der die Abflüsse der Vanoise-Gletscher dem Kraftwerk zuführen soll. Es ist wohl mit auf die günstigen Bedingungen bei Bau und Betrieb sowie auf die vorteilhafte Größe der Anlage zurückzuführen, daß die Stromerzeugung im Werk Aussois zur Zeit die billigste Frankreichs ist. Nach Angabe der regionalen E.D.F.-Stelle in Grenoble sinken die Selbstkosten der Kilowattstunde in wasserreichen Monaten bis auf 0,15 frs.

Wenn auch im Becken des Arc, was größere Neubauten betrifft, gegenwärtig Ruhe herrscht, so scheint gerade dieses Gebiet als einer der Schwerpunkte zukünftiger Programme ausersehen zu sein. Im dritten 'Plan' ist der Bau der Umleitungsanlage 'Unter Arc → Isère' (Goncelin) mit mehr als 600 GWh Jahresarbeit geplant. Für den vierten 'Plan' (Baubeginne ab 1960/61) schließlich werden das Speicherkraftsystem Mont Cenis-Orelle (780 GWh) und eine weitere Großanlage am mittleren Arc (Hermillon mit rund 100 GWh) in Aussicht genommen.¹⁾ Es handelt sich hierbei um prognostische und um Bruttowerte, da im Zuge dieses Ausbaus mehrerer der bestehenden Werke ausgeschaltet werden würden.

3. Die Wasserkraftnutzung an der unteren Isère sowie an der Romanche und am Drac

Die in der großen alpinen Furche fließende Isère ist zum Bau von Stautufen wenig geeignet, da das Gefälle nur gering und die von Anschwemmungen gebildete Talsohle mit landwirtschaftlichen Kulturen vollständig ausgefüllt ist. Wir finden hier kein einziges Kraftwerk an der Isère selbst. Jedoch ermöglichen die Wasser der Bréda und zahlreicher von der Belledonne-Kette herabstürzender Gebirgsbäche schon frühzeitig den Ausbau kleiner und mittlerer Werke. Wie schon an anderer Stelle ausgeführt, ist gerade an diesen Wasserläufen die Geburtsstätte der 'weißen Kohle' eines Matussiére und eines Bergès zu suchen, und es ist daher nicht verwunderlich, daß man besonders in diesem Gebiet Werke antrifft, die ein Alter von mehr als 50 bis 60 Jahren besitzen.

Praktisch vollständig ausgebaut ist heute der Lauf der Bréda, der am oberen (Fond-de-France) wie am unteren Ende (Pontcharra) moderne Anlagen aufweist. Die günstigen hydrologischen Bedingungen ¹⁾ hatten schon Bergès veranlaßt, ab 1890 Pläne für das Speicherkraftwerk Fond-de-France auszuarbeiten. Gebaut wurde es zwischen 1904 und 1918; Erweiterungen und Modernisierungen folgten 1932 und noch einmal zwischen 1938 und 1942. Das Werk nutzt unter einem Gefälle von mehr als 1000 m die Wassermengen, die in dem durch mehrere Bergseen gebildeten Speichersystem Les-Sept-Laux in 2100 m Höhe gesammelt werden, und führt diese dann den flussabwärts in Reihe arbeitenden sechs Werken zu. Die elastische Betriebsführung dieser Kraftwerk-Kette, die bei einem Gesamtgefälle von mehr als 1700 m eine jährliche Erzeugung von 175 GWh ermöglicht, geht aus der Tatsache hervor, daß die genannten Speicher einen Nenninhalt besitzen, der über einem Drittel der jährlichen Gesamtproduktion liegt.

Die erwähnten kleineren Werke der Belledonne-Kette, die nur Leistungen unter 5 MW aufweisen, erreichen zusammen eine Jahreserzeugung von rund 50 GWh. So interessant die Belledonne-Kraftwerke für uns auch in historischer oder technischer

1) Die jährliche Niederschlagshöhe im Einzugsgebiet von Fond-de-France liegt bei durchschnittlich 1850 mm.

insicht sein mögen, im Rahmen der Wasserkraftnutzung der Alpen
aben sie nur geringe Bedeutung und lassen keinen wesentlichen
usbau mehr erwarten.

Eine zusammenfassende Übersicht über die genannten Werkgrup-
en sowie über die Anlagen an der Bourne und an der unteren
sère verschafft die folgende Aufstellung. 1)

Werke an BRED A und BELLEDONNE-ABFLÜSSEN	Inst. Leistg MVA	Jahr.- Arbeit GWh	Brutto- gefälle m	Ausbau- wasser m ³ /s	Anmer- kungen
Fond-de-France	37,5	40	1050	4,7	Sp. 14. Mio. m ³ Projekt: Froges 600 GWh
5 Werke in Reihe	21	80	ca. 500	-	
Pontcharra	13	55	170	8,5	
Arvillard	7,5	28	540	1,7	
6 kl. Werke (Belled.)	15	50	-	-	
Werke an der BOURNE					
Haute-Bourne	11	20	< 165	3	Sp. 4 Mio. m ³ Projekt: Beauvoir (200 GWh)
Goule-Blanche			263	2,5	
Bournillon (3 Werke)	27	115	verschieden		
Pont-en-Royans	26	105	110	24	
2 kl. Werke	17,5	13	-	-	
Werke an der un- teren I S E R E					
Saint-Hilaire (noch i. Bau)	45	225	10	440	Projekt: Beauvoir (200 GWh)
Pizanon	50	220	12,5	530	
La Vanelle	33	150	8,5	435	
Beaumont-Montoux	40	205	11,5	390	
I N S G E S A M T		1310			

Als nahezu vollausgebaut darf auch das Becken der Bourne,
es Hauptabflusses des niederschlagsreichen Voralpenmassivs
ercors, bezeichnet werden. Es wird weder von Gletschern noch
on künstlichen Speicherbecken in seiner Wasserführung regu-
iert. Dennoch liegt die Wirtschaftlichkeit der Bourne-Kraft-
werke, ebenso wie die der Anlagen der Belledonne-Kette, über

) Quelle: Wasserkraftstatistik 1954; Ergänzungen.

dem französischen Durchschnitt. Auch hier war die Elektrochemie wesentlich am Ausbau beteiligt; die jüngste und zweite Anlage, die über 100 GWh abgibt, wurde bei Pont-en-Royans 1950/51 von der E.D.F. fertiggestellt.

Der Unterlauf der Isère, der oberhalb von Valence ein durchschnittliches Gefälle von 1 m pro km aufweist, hat seit dem ersten Weltkrieg die Aufmerksamkeit der Wasserkraftwirtschaftler auf sich gezogen. Das Flußbett liegt hier zwischen steilen, durch alluvionäre Terrassen gebildeten Ufern, in die sich die Isère hineingefressen hat.

1921 entstand als Kanalkraftwerk die unterste Anlage Beaumont-Monteux, 1931 in klassischer Bauart das Flußkraftwerk Pizangon und erst zwei Jahrzehnte später an der dazwischen liegenden, unausgenutzten Flußstrecke die Anlage La Vanelle, die hinsichtlich Bauart und Ausführung als beispielhaft für Flußkraftwerke dieser Größenordnung gelten kann. Ohne auf technische Einzelheiten einzugehen, sei kurz angedeutet, welche interessanten Vergleichsmöglichkeiten sich bei diesen aus drei verschiedenen Entwicklungsperioden stammenden Niederdruckwerken bieten. 1)

Neben den Unterschieden im äußeren Baustil tritt die Entwicklung besonders deutlich bei Zahl, Art und Größe der elektro-mechanischen Ausrüstung zutage: Beaumont-Monteux enthält etwa zehn Maschinensätze mit Propeller-Turbinen 2); Pizangon besitzt zwei Propeller-Turbinen und zwei regulierbare Kaplan-Sätze. Im Werk La Vanelle schließlich finden wir drei Gruppen mit Kaplan-Turbinen, die mit den modernsten automatischen Zusatzaggregaten versehen sind und in ihrer raumparenden, versenkten Anordnung im hellen Krafthaus eine mustergültige Übersichtlichkeit entstehen lassen.

Nicht zuletzt schlägt sich die technische Entwicklung auch unmittelbar in der Zahl des Kraftwerkspersonals nieder, und so ist es nicht verwunderlich, daß für den reinen Kraftwerksbetrieb in Beaumont-Monteux etwa acht Mann erforderlich sind, während Pizangon mit vier Mann auskommt und im Werk La Vanelle nur eine Person zur Überwachung der Kontrolleinrichtungen benötigt wird.

1) Besichtigung der Anlagen im September 1955.

2) Gegenwärtig werden in diesem Werk auch Rohrturbinensätze erprobt.

Die Gesamtbelegschaft von La Vanelle besteht aus zehn Personen, darunter vier Betriebsleitern, zwei Mechanikern und zwei Elektrikern, die zusammen mit dem Werksdirektor und seinem Stellvertreter in den netten Wohnungen am rechten Flußufer leben.

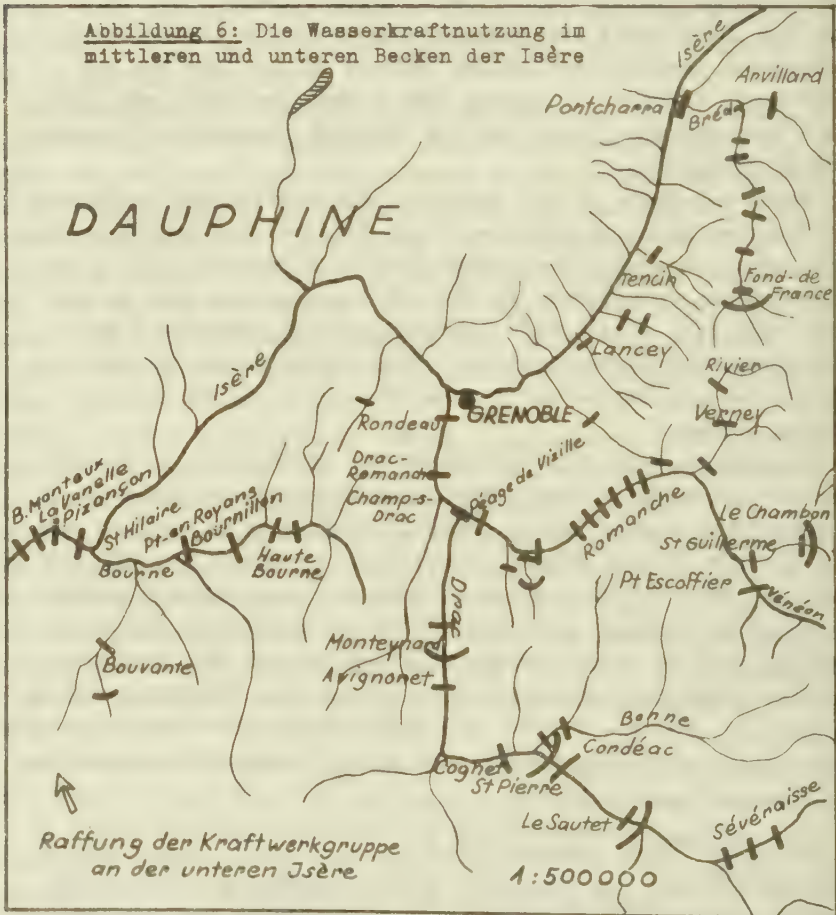
Nach Angaben des Werkspersonals ist die Anlage La Vanelle eine der wirtschaftlichsten der in der Produktionsgruppe 'Rhône' zusammengefaßten Kraftwerke. Die Selbstkosten der ab Werksausgang verfügbaren Kilowattstunde betrugen 1954 0,32 frs und lagen damit nur doppelt so hoch wie im kurzzeitig beobachteten Bestfall der Anlage Aussois am Arc. Der Bau der Kraftstufe La Vanelle kostete etwa 5 Mrd. frs/1952, was einem Platz von ungefähr 33 frs für die jährlich erzeugbare Kilowattstunde entspricht.

Neben den heute an der unteren Isère arbeitenden Laufwasserkraftwerken geht ein viertes, Saint-Hilaire flußaufwärts seiner Vollendung entgegen; der Ausbau der Stufe Beauvoir ist im Anschluß daran vorgesehen. Es ist also zu erwarten, daß ab 1961 oder 1962 fünf mittelgroße Kraftanlagen mit zusammen 1 TWh jährlichen Arbeitsvermögens auf einer Flußstrecke von fast 50 km ein Gesamtgefälle von 52 m der Energieerzeugung nutzbar machen werden.

Zusammenfassend soll herausgestellt werden, daß im Gebiet der mittleren und unteren Isère kaum noch größere Vorhaben durchgeführt werden können. Eine Ausnahme scheint das neu ausgearbeitete Projekt Froges oberhalb von Grenoble zu sein, das nach den letzten Informationen eines der wichtigsten Vorhaben des vierten 'Planes' sein soll. Wenn die erhaltenen Angaben, nämlich 1000 MW installierter Leistung und 600 GWh jährlicher Arbeit, zutreffen, könnte es sich nur um eine Spitzenkraftanlage handeln, die die Abfluß- und Speichermöglichkeiten der Bellefontaine-Kette vollständig nutzt und an die Stelle der gegenwärtig betriebenen Werke tritt.

Die 80 km lange Romanche zeichnet sich durch einen reichlichen Abfluß aus; von Süden und Norden empfängt sie Gletscherwasser, aus dem Pelvoux-Massiv durch den Vénéon und aus den Grandes-Rousses durch die Eau-d'Olle. Die winterliche Niedrigwasserführung ist gegenüber anderen Alpenflüssen schon erheblich verkürzt, da sich im Einzugsgebiet der Romanche südliche

Einflüsse auswirken können. An der Romanche finden wir eine Reihe von Kraftwerken, die für die Bedürfnisse der Elektrometallurgie sehr frühzeitig gebaut wurden und heute, soweit nicht schon durchgeführt oder im Gange, einer Modernisierung bedürfen. Es handelt sich dabei vor allem um die abwärts von Bourgd'Oisans gelegene Werkreihe, aus der die Anlage Rioupéroux größtmäßig herausragt.



Ähnlich wie die Bréda, jedoch in größeren Dimensionen, besitzt auch die Romanche am Oberlauf ein neueres Speicherwerk und nahe ihrer Mündung eine große Nachkriegsanlage, die Aus-

gangs- und Bezugspunkte eines eventuellen Neuausbaus sein müßten. Am Vénéon, dem Hauptnebenfluß der Romanche, arbeitet das 1944 vollendete Hochdruck-Kraftwerk Pont-Escoffier, dem die Abflüsse des Pelvoux aus zwei kleinen Bergseen zugeleitet werden. Diese Anlage ist heute nach Péage-de-Vizille die bedeutendste im Romanche-Becken.

Erst nachdem 1928 am Oberlauf der Romanche das Kraftwerk Saint-Guillerme in Betrieb genommen worden war, kam es zum Bau der Talsperre Chambon, die, vor allem im Interesse der Industrie, die Stromerzeugung aller flußabwärts gelegenen Werke regulieren sollte, jedoch infolge des Einbruchs der Weltwirtschaftskrise erst 1935 fertiggestellt werden konnte. Wie schon an anderer Stelle erwähnt, war es eine Aktiengesellschaft mit weitgehend genossenschaftlichem Charakter, die diesen damals höchsten Staudamm Frankreichs, eine Schwergewichtsmauer mit 135 m Höhe über den Fundamenten, errichtete. Das Bauwerk schließt das Tal an einer durch Felsformationen gebildeten Engstelle ab und schafft einen See mit einer nutzbaren Reserve von 50 Mill. m³, was einem Arbeitsvorrat von 26 bzw. 74 GWh entspricht. An den Fuß der Staumauer wurde ein Kraftwerk angebaut, das die stark veränderliche Höhendifferenz (20 bis 65 m) zwischen dem Stauspiegel und der Wasserefassung von Saint-Guillerme nutzt. Unterhalb dieses letzteren Werkes befindet sich ein Ausgleichsbecken, das eine gewisse tageszeitliche Verschiebung zwischen den Betriebsstunden von St-Guillerme/Chambon und den talwärts gelegenen Anlagen erlaubt.

Péage-de-Vizille, die unterste Romanche-Stufe mit einer Fallhöhe von 142 m, wird durch einen 8 km langen Zuleitungsstollen sowie durch eine Turbinendruckrohrleitung von 266 m Länge gespeist. Diese moderne Anlage, in der die Francis-Maschinensätze in der seltener gewordenen horizontalen Anordnung auffallen, ersetzt zwei alte Werke, während in einer dritten Kraftstufe die Erzeugung von 35 auf 5 GWh gesunken ist.

An der Romanche, deren Kraftwerke heute eine mittlere Jahresproduktion von fast 1,2 TWh gewährleisten, sind größere Vorhaben für die nächste Zukunft nicht vorgesehen; es bestehen jedoch Planungen für einige kleinere Speicher- und Kraftwerkprojekte an der Eau d'Olle und an einem anderen nördlichen Nebenfluß.

ÜBERBLICK ÜBER DIE STROMERZEUGUNG AN ROMANCHE UND DRAC

ROMANCHE	Inst. MVA	Jahr.- Leistung GWh	Roh- fallh. m	Ausbau- wasser m³/s	Speicher, Pro- jekte und Anmerkungen
Le Chambon	7	24	64	13	Sp. 50 Mio. m³
Saint-Guillerme	26	123	217	12	
Livet	10,5	52	59	27	
Les Vernes	5	12	18,5	27	
Les Roberts	13	63	42	45	
Rioupéroux	38	120	69	53	
Les Clavaux	15	60	31	50	
Pierre Eybesse	16,5	66	43	42	
Péage-de-Vizille	60	285	142	45	
Nebenflüsse:					
Pont-Escoffier	52	230	403	16	Projekt: 2 kl. Speicher; Kraft- werk 120 GWh. Sp. 5 Mio. m³
Le Rivier	16	45	412	5	
Le Verney	16	80	374	6	
4 kleine Werke	23	42	-	-	
D R A C	Zus.: 1200				
3 Werke an der Sévéracaise	15	56	-	-	Sp. 100 Mio. m³
Le Sautet	80	205	93	97	
Cordéac	63	220	93	87	1956/57 fertig- gestellt
St-Pierre/Cognet	110	230	93	132	
Avignonet	9	50	25	46	Projekt N-D St-Georges 250 GWh MJAV
Monteynard (1. Bau)	270	430	124	300	
Drac-Romanche	17	52	17,5	80	
Drac-Inferieur	15	64	21	80	
Champ-sur-Drac	8,5	50	39	28	
3 Werke an der Bonne	15	70	-	-	
Zus.: 1430					
I N S G E S A M T			2630	(Quelle: Wasserkraftstati- stik 1954: Ergänzungen)	

Am 125 km langen Drac, dem wichtigsten Nebenfluß der Isère, finden wir einen im Vergleich zur Romanche weniger zersplitterten und auch im Durchschnitt neuzeitlicheren Wasserkraftausbau,

der gegenwärtig erweitert wird, und für den auch in Zukunft noch größere Vorhaben geplant sind ¹⁾. Nach ihrer Verwirklichung wird die Jahreserzeugung der Drac-Gruppe auf nahezu das Doppelte der heutigen Produktion steigen. ²⁾

Mehr als die Hälfte der augenblicklichen Erzeugung stammt von den Anlagen Le Sautet und Cordéac, die beide unmittelbar von der Talsperre Le Sautet reguliert und daher gekoppelt arbeiten. Sie sind in den Schluchten des mittleren Drac von der 'Société des Forces Motrices de la Bonne et du Drac' errichtet worden, einer Gesellschaft, die zugleich die Nutzbarmachung der Wasser des Drac für Bewässerungszwecke anstreben sollte. Die Bogen-Gewichtsstaumauer Le Sautet war zur Zeit ihrer Vollendung im Jahre 1934 das einzige Bauwerk in den Alpen, das die neue Wölbungstechnik in der Praxis vorstellen konnte. Die Mauer, die mit 126 m auch heute noch die viert-höchste Frankreichs ist, enthält dank der günstigen natürlichen Gegebenheiten das verhältnismäßig geringe Betonvolumen von 100.000 m³. Genau tausendmal so groß ist der nutzbare Speichereinhalt, der einer elektrischen Arbeit von 36 GWh (Sautet/Cordéac) bzw. von 65 GWh in allen unterhalb gelegenen Werken entspricht.

Die beiden hintereinander arbeitenden Anlagen Le Sautet und Cordéac sind in ihren technischen Einzelheiten sehr ähnlich: beide nutzen ein Rohgefälle von 93. Die Ausbauwassermenge ist bei Cordéac etwas niedriger; dasselbe gilt für die installierte Leistung, obwohl die Jahresarbeit infolge der besseren Betriebsbedingungen über der von Le Sautet liegt. Interessanterweise ist auch das größere, unterirdische Werk Cognet für eine Fallhöhe von 93 m ausgelegt, so daß bei der Neuausrüstung dieser Anlage gewisse Kostendegressionen möglich gewesen sein dürften. Die ebenfalls in einer engen Schlucht erbaute Staumauer von St-Pierre ist ein schlankes Betongewölbe von 75 m Höhe, 130 m Kronenlänge und nur 3 m Kronenbreite. Das nutzbare Speichervolumen kann im täglichen Spitzenbetrieb

- 1) Der meist tief in Kalkformationen hineingefressene Drac weist an seinem Mittellauf ein Gefälle von 10 m/km (360 m auf 36 km) auf, bei einem mittleren Abfluß von 33 m³/s.
- 2) Mit den Arbeiten für Monteynard wurde 1956 begonnen; N-D St-Georges soll ebenfalls bis 1965 ausgebaut werden.

abgearbeitet werden.

Die kleineren Werke, die heute an den Nebenflüssen des Drac, an Sévéraisse und Bonne arbeiten, sind lediglich von lokaler Bedeutung und müssen im Zuge des weiteren Ausbaus teilweise außer Betrieb gesetzt werden. — Es hat sich gezeigt, daß für den weiteren Ausbau am Drac bessere Voraussetzungen bestehen als an der Romanche. Daher darf damit gerechnet werden, daß in den nächsten zehn Jahren am Drac laufend größere Arbeiten im Gange sein werden.

Eng mit der Wasserkraftwirtschaft verbunden ist die Fabrik für Turbinen und hydraulische Ausrüstungen 'Etablissements Neyrpic' in Grenoble. Der Verfasser hatte Gelegenheit, die Versuchsabteilungen dieses Werkes zu besichtigen, das, im Zentrum der 'weißen Kohle' ansässig, sich im Lauf eines Jahrhunderts aus einer mechanischen Werkstätte heraus zu einem der bedeutendsten Unternehmen seiner Branche entwickeln konnte.

Die ersten Anfänge des 'Laboratoire Dauphinois d'Hydraulique' gehen auf standortsgebundene Versuche zurück, die ab 1906 gemeinsam von Ingenieuren der Firma und von Lehrkräften wissenschaftlicher Institute in Grenoble durchgeführt wurden. Als dann nach dem Weltkrieg allgemein der Wert hydraulischer Modellversuche mehr und mehr erkannt wurde, begann die Einrichtung eines Versuchsfeldes neben den Fabrikanlagen, das im Zuge der auf viele Gebiete der Hydraulik ausgedehnten Modellversuche laufende Erweiterungen erfuhr und sich heute über 7 ha erstreckt. Es gilt für die größte hydraulische Versuchsanstalt Europas und beschäftigt 120 Ingenieure sowie 280 Techniker und Hilfskräfte.

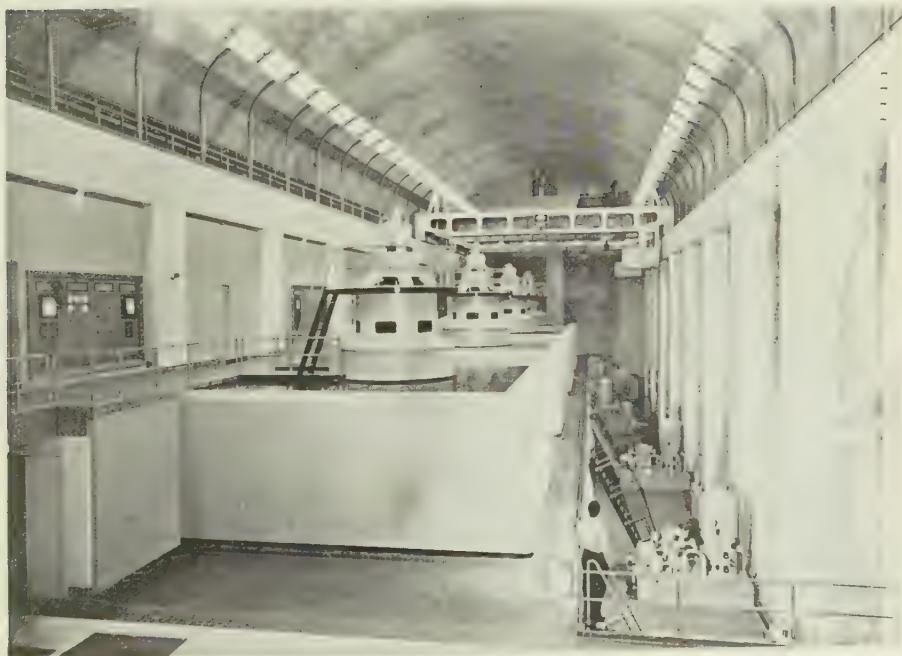
Auf dem Wasserkraftsektor bestehen Versuchsanlagen für Peltonräder seit 1928, für die übrigen Turbinenarten und für Turbinenpumpen seit 1944; ferner für Schützen und Absperrvorrichtungen, für Verzweigungen, Überfälle, Abflüsse, Wasserfassungen und nicht zuletzt für Kavitationserscheinungen bei Turbinen. Dieser Kavitationsprüfstand ist nach Angabe der Werksleitung der bestausgebaute der Welt.

Weitere Versuchsanlagen werden oft unabhängig von der eigenen Fertigung und für Rechnung Dritter aufgebaut und betrieben; so werden Vorgänge auf den verschiedensten Gebieten erforscht, auf die jedoch in diesem Rahmen nicht eingegangen werden kann.



Links: Einlaufbauwerk
'Echelles d'Hannibal'
des Kraftwerksystems
ISERE-ARC an der Isère
(Photo H. Baranger-Paris)

Unten: Francis-
Maschinensätze im
Kavernenkraftwerk
RANDENS (Photo
H. Baranger-Paris)





Blick vom rechten Ufer der DURANCE auf die Baustelle von SERRE-PONCON
(Photo H. Baranger-Paris)



Die schlanke Bogenstaumauer und der Speichersee CASTILLON am oberen Verdon
(Photo Hochgrassl)

III. DER AUSBAU DER DURANCE UND DER MITTELMEER-KÜSTENFLÜSSE

Der Wasserkraftausbau ist in den weniger begünstigten Südalpen erheblich hinter dem der Nordalpen zurückgeblieben. Erst heute, in einer Zeit, die die oft vollständige Ausnutzung vieler Wasserkräfte in Savoyen und in der Dauphiné mit sich gebracht hat, ist mit dem systematischen Weiterausbau an der Durance ein Vorhaben in Angriff genommen worden, das die natürlichen Möglichkeiten in höherem Maße als bisher nutzen und, infolge seines Mehrzweckcharakters, einen kaum überschaubaren Einfluß auf die Landwirtschaft und auf das Leben in diesem Gebiet haben wird. Aus diesem Grunde soll in den folgenden Ausführungen der energetische Ausbau im Rahmen des in mehrfacher Hinsicht interessanten Gesamtvorhabens gewürdigt werden. ¹⁾

1. Voraussetzungen und Grundlagen des Durance-Ausbaus

Seit den ältesten Zeiten haben große Flüsse menschliche Ansiedlungen an sich herangezogen und damit zur Zivilisation wesentlich beigetragen. Nicht so die Durance, die zwar von römischen Historikern erwähnt wurde, sich jedoch jahrhundertlang den Ruf einer die Reisenden abschreckenden Geißel bewahrte. Bevölkerungsguppen, die an ihren Ufern Entwicklungsmöglichkeiten suchten, wie sie gemeinhin an großen Strömen zu finden waren, wanderten enttäuscht von diesem wilden Fluß ab. ²⁾ Der Beitrag zum späteren provencalischen Reichtum mußte ihr in langwierigem Kampfe abgerungen werden, ähnlich wie heute die industrielle Nutzbarmachung dieses Flusses gewaltige Anstrengungen erfordert.

Die ersten und geringfügigen Wasserentnahmen aus der Durance dienten seinerzeit zu Müllerei- oder Bewässerungszwecken. Es ist bekannt, daß der schon im 12. Jahrhundert bestehende Kanal von St-Julien ursprünglich dem Bau von Wassermühlen diente. Erst im folgenden Jahrhundert erlaubte der Bischof von Cavailon den Anwohnern, ihre Ländereien aus den Rückgabekanälen der Mühlen zu bewässern.

1) Spezialliteratur am Schluß der Arbeit.

2) Geschichtliche Angaben nach Décelle/Cabanus/I, op.cit. S.267

Seit dem 16. Jahrhundert verlassen die Kanäle das eigentliche Tal der Durance, um weitere Flächen zu bewässern. Adam von Craponne benutzte die Schwelle von Lamanon und das frühere Bett des Flusses, um die Wasserscheide zu durchstoßen, und führte so die Durance-Wasser bis in das Gebiet von Arles, Istres und Salon. Dieser Kanal bewässert heute rund 20.000 ha. So war schon damals ein kleiner Teil der sich zwischen Durance und Etang de Berre erstreckenden Geröllwüste, der sogenannten 'Crau', in fruchtbares Land verwandelt worden. An diesem 'Canal de Craponne' entstanden ebenfalls Mühlen und andere kleine Werke, die die motorische Kraft niedriger Gefällestufen nutzten. Im Laufe der letzten Jahrhunderte entstand ein umfangreiches Kanalsystem im nördlichen Teil des Rhône-Deltas und in den Ebenen der Vaucluse.

Im 19. Jahrhundert wurde die Bewässerung vorherrschendes Ziel. So waren schon um das Jahr 1900 herum fast 70.000 ha fruchtbar gemacht worden. Allerdings werden die Wasser der Durance auch für die Versorgung größerer Orte und Städte umgeleitet; der 1847 vollendete 'Canal de Marseille' entnimmt dem Fluß bis zu $15 \text{ m}^3/\text{s}$.

Da der Abfluß der Durance den steigenden Bedürfnissen der Landwirtschaft nicht mehr genügte, andererseits jedoch gewaltige Hochwasserwellen verheerende Folgen zeitigten, dachte man schon frühzeitig an eine Abflußregulierung der Durance durch eine Talsperre. Die ersten hydrologischen und geologischen Untersuchungen, die 1856 bei Serre-Ponçon stattfanden, waren von einem Katastrophenhochwasser veranlaßt worden.

Ab 1900 traten Gesichtspunkte des Wassermangels in den Vordergrund, und fast gleichzeitig erwachte das Interesse an der energiewirtschaftlichen Nutzung eines zukünftigen Speichersees. Um 1910 setzte sich der Ingenieur Ivan Wilhelm für das Serre-Ponçon-Projekt ein ¹⁾, während ein Kollege, der Ingenieur Dyriou, einen Speichersee bei Sainte-Croix am Verdon befürwortete. Der wasserkraftwirtschaftliche Ausbau der Durance begann ebenfalls vor etwa 50 Jahren. Bis 1933 waren mehrere Kraftstufen am Mittel- und Oberlauf entstanden, die seinerzeit zu den größ-

1) I. Wilhelm, La Durance, étude de l'utilisation de ses eaux et l'amélioration de son régime par la création de barrages, Paris 1913

n ihrer Art gehörten, jedoch mit ihrer Gesamterzeugung von
und 1 TWh nur wenig mehr als ein Zehntel des wirtschaftlich
ausbaufähigen Wasserkraftpotentials der Durance darstellen.
Unter diesem Blickwinkel ist es verständlich, wenn die Leiter
der E.D.F.-Bauabteilung 'Alpes III' dem Rhein und vor allem
der Isère energiewirtschaftliche Adelstitel zubilligen, die
die Durance angesichts ihrer energetischen Möglichkeiten erst
in Zukunft erwerben kann und muß ¹⁾.

Abflußmessungen, die an der Durance ununterbrochen seit etwa
10 Jahren durchgeführt werden, ergeben folgende Daten über Ab-
flußmenge und -verteilung an den Nahtstellen zwischen Oberlauf
und mittlerem Flußabschnitt einerseits (Serre-Ponçon) und zwi-
schen diesem und dem Unterlauf andererseits (Cadarache an der
Mündung des Verdon): 2)

STATION	Meer- höhe m	Einz- geb. km ²	Mittl. Abfl. m ³ /s	Jährliche Abfl.-Summe Mio.m ³	Jan. bis März	Apr. bis Juni	Juli bis Sept.	Oktober bis Dezemb.
Serre- Ponçon	780	3600	85	2636	10 %	49 %	25 %	16 %
Cadarache	256	11900	190	5950	24 %	37 %	14 %	25 %

Im Hochtal der Durance, in dem die mittlere Höhe des Ein-
zugsgebietes bei mehr als 2000 m liegt, herrscht ein durch
Schneefall und Vergletscherung beeinflusstes Regime vor. Der
geringste Abfluß fällt in die Wintermonate und wurde mit 15 m³
pro Sekunde gemessen, während das stärkste bekannte Hochwasser
(Mai 1856) auf 1800 m³/s geschätzt wird.

Schon am Mittellauf geht der Hochgebirgseinfluß stark zu-
rück, um die Auswirkungen des Voralpen- und Mittelmeerklimas
hervortreten zu lassen. Die Daten über die jahreszeitliche Ab-
flußverteilung bei Serre-Ponçon und Cadarache lassen den Über-
gang vom alpinen zum mediterranen Regime erkennen, wobei der
geringe Abflußzuwachs zwischen beiden Stationen in den Sommer-
monaten auffällt. Eine genauere Analyse würde sogar zeigen,
daß, von einigen Gewittern am Mittellauf abgesehen, fast der

Décelle/Cabanius/I, op.cit. S. 267 (Spezialliteratur)

Diese und auch die weiteren Angaben vorwiegend nach Décelle/
Cabanius/II, op.cit. S. 47 (Spezialliteratur).

ganze sommerliche Abfluß durch die Gletscherschmelze im Quellgebiet der Durance gespeist wird. Am Unterlauf kann die Fließe im Sommer bis auf $40 \text{ m}^3/\text{s}$ sinken, während die Herbst- oder Frühjahrshochwasser hier normalerweise zwischen 2000 und 3000 m^3/s liegen. Die größten Katastrophenhochwasser (1856 und 1882) dürften etwa 6000 m^3/s erreicht haben.

Für die hydroelektrischen Ausbaumöglichkeiten ist neben den Abflußmengen und deren bei der Durance recht ungünstigen Verteilung vor allem das Gefälle von großer Bedeutung. In dieser letzten Hinsicht finden sich an der Durance sehr günstige Bedingungen, da ihr starkes Gefälle, im Gegensatz zu anderen großen Flüssen, vom Oberlauf bis zur Mündung auf einer Strecke von mehr als 250 km nur geringfügig abnimmt; am gesamten Mittellauf liegt es bei 3 m/km, um an der unteren Durance nur leicht, auf 2,7 m/km abzusinken, auf einen Wert also, der an der oberen Rhône die Grundlage für die Errichtung der Anlage Génissiat bildete. Aus den bisherigen Angaben läßt sich erkennen, daß die Durance sowohl einen großen Abfluß als auch ein starkes Gefälle aufweist, die dritte wichtige Bedingung für einen energetischen Großausbau, nämlich eine günstige innerjährliche Abflußverteilung, von Natur aus jedoch nicht gegeben ist und daher im Rahmen weiterer Ausbaupläne besonders berücksichtigt werden muß.

Die in den letzten Jahren von seiten der E.D.F. vorgenommenen Erhebungen und Untersuchungen ergaben für das Durance-Bekken ein wirtschaftlich ausbaufähiges Energiepotential ¹⁾ von fast 11 TWh jährlicher Darbietung, das sich zu 34 % auf den Oberlauf, zu 34 % auf den Mittellauf, zu 21 % auf den Unterlauf und zu 11 % auf das Einzugsgebiet des Verdon verteilt. Diesen Ausbaumöglichkeiten, von denen mehr als die Hälfte als außerordentlich rentabel bezeichnet werden müssen, steht eine derzeitige Produktion von nur 1 TWh gegenüber. Für die weitere Nutzbarmachung des gewaltigen Potentials ist jedoch eine jahreszeitliche Abflußregulierung unerläßlich; deshalb steht am Beginn des Mehrzweck-Ausbaus der Durance die Schaffung des Großspeichers von Serre-Ponçon.

1) Vgl. hierzu die Ausführungen über das Wasserkraftpotential unter VIII/1 .

Schon seit 1949/50 beschäftigt man sich bei der E.D.F. mit der Planung des Vollausbaus der Durance und vor allem des Speichers von Serre-Ponçon. Eine ministerielle Entscheidung vom März 1952 führte eine Enquête herbei, die einen besonders großen Umfang annahm, da sie sich über sechs Departements erstreckte und 113 Gemeinden sowie zahlreiche Verbände und Körperschaften berührte. Es wurden vier Kommissionen gebildet, die folgende Fragenkomplexe bearbeiteten: Überflutungen durch den Stau von Serre-Ponçon; Abflußmengen der landwirtschaftlichen Kanäle; Grundwasserprobleme; Durance-Ausbau. Schließlich erhielt das Projekt die Bestätigung der Departementsbehörden und das Einverständnis aller Körperschaften, jedoch mit Ausnahme der Handelskammer von Avignon, deren Opposition durch die Gefährdung regionaler landwirtschaftlicher Interessen zu erklären ist.

Die Zustimmung der interessierten Gruppen war unter verschiedenen Vorbehalten gegeben worden, deren Berücksichtigung der E.D.F. tragbar erschien. Im März 1954 kam es zu einem Gesetzesvorschlag in der Nationalversammlung; die Berichte der Kommissionen wurden vorgelegt. Das nach längeren öffentlichen Debatten angenommene und Anfang 1955 verkündete Gesetz erklärt die Gemeinnützigkeit der Ausbauarbeiten im Hinblick auf später erforderliche Enteignungen, gibt der Regierung Vollmacht, durch Verordnungen die Konzessionen für die einzelnen Bauabschnitte zu erteilen, setzt die der E.D.F. angesichts der Verbesserung der land- und wasserwirtschaftlichen Bedingungen zufallenden Pflichten fest, bestimmt die in Hinblick auf Enteignungen zu treffenden Maßnahmen und bestätigt verschiedene Übereinkommen zwischen der E.D.F. und den angrenzenden Departements wegen der Aufteilung der zu entrichtenden Abgaben. Eine landwirtschaftliche Konvention wurde dem Gesetz angefügt.

Das Gesetz enthält keine Angaben über den Zeitplan des Durance-Ausbaus. Dieser wird durch die jeweiligen Modernisierungs- und Ausrüstungspläne festgelegt und für die Einzelvorhaben rechtzeitig der Billigung des Parlaments anheimgestellt. Im Rahmen des derzeitigen zweiten Planes wurden 1955 und 1956 die Arbeiten bei Serre-Ponçon und Jouques, 1957 der Bau der Anlage Saint-Estève begonnen.

2. Energiewirtschaftliche Aspekte beim Ausbau der Durance

Die heute an der Durance arbeitenden Kraftwerke sind durchweg 20 bis 50 Jahre alt, inzwischen jedoch teilweise modernisiert worden. Die ältesten Anlagen sind die des Elektrochemiekonzerns Péchiney, L'Argentiére und Ventavon, die vor 1910 in Betrieb genommen wurden. Der Stand des derzeitigen Ausbaus geht aus der folgenden Übersicht hervor: 1)

F L U S S W E R K		Inst.Leistg MVA	Jahresarbeit GWh	Gefälle m	Ausbau m ³ /s
DURANCE	L'Argentiére	45	160	170	32
	Ventavon	35	190	51	81
	Le Poët	27	85	25	100
	La Brillanne	31	140	27	120
	Le Lague	12	40	10	80
	Ste-Tulle	50	190	44	120
	3 kl. Werke	-	15	-	-
QUELL- FLÜSSE der Durance	Les Claux	15	45	242	7
	Le Pournel	6,5	28	325	2,5
	Champoella	11,5	32	196	7
VERDON	Castillon	68	82	90	72
	La Chaudanne	28	62	68	40
Z U S A M M E N			1070		

Das Werk Argentiére ist fast zu einer Art musealer Kostbarkeit geworden; man kann dort nebeneinander 31 Maschinensätze verschiedenster und teilweise sehr alter Bauarten im praktischen Betrieb studieren. 2) Das Gefälle von 170 m wird durch Peltonräder und Francis-Turbinen ausgenutzt, die Gleichstromdynamos treiben, um den für die elektrolytischen Prozesse der Chemieproduktion benötigten Gleichstrom zu erhalten. Teilweise sind zusätzlich Drehstrommaschinen angekuppelt, damit auf diese Weise entweder überschüssige Energie in die öffentliche Versor-

1) Quellen: Durance-Spezialliteratur, Wasserkraftstatistik 1954.

2) Besichtigung an Ort und Stelle im Oktober 1955.

gung eingespeist oder Drehstrom aus dem nationalen Netz in Gleichstrom umgeformt werden kann. Außerdem sind mehrere unabhängige Umformersätze aufgestellt.

Die in Reihe am 'Canal de Manosque' gebauten Kraftstufen Brillanne, Le Lague und Ste-Tulle arbeiten unter verschiedenen hohem Gefälle, sind jedoch auf die durch den Kanal bestimmte höchste Ausbauwassermenge von $120 \text{ m}^3/\text{s}$ beschränkt, die im Regelmäßig nur einen Monat lang unterschritten wird. Für diesen Kanal wie für seine Kraftwerke sind erhebliche Erweiterungen vorgesehen, wenn einmal die Wasserführung der Durance durch die Talsperre von Serre-Ponçon besser reguliert sein wird.

Einen ganz besonderen Charakter weist das Kraftwerk Ste-Tulle auf, das in einer mehrere 100 m langen Halle nebeneinander je eine Reihe von Wasserkraftanlagen und Wärmekraftmaschinen enthält. Hier wurde das Problem des Ausgleichs und der Zusammenarbeit zwischen hydraulischer und thermischer Stromerzeugung unmittelbar an Ort und Stelle gelöst. Unter den Kesseln wurde die Braunkohle von Manosque verbrannt, die allerdings ihrer Erschöpfung entgegengeht. Das Dampfkraftwerk, das mit älteren 25 Hz-Maschinen arbeitete, hatte schon in den letzten Jahren an Bedeutung verloren und ist 1956 stillgelegt worden. Die Wasserkraftmaschinensätze sind vor einigen Jahren modernisiert und auf die Frequenz von 50 Hz umgestellt worden.

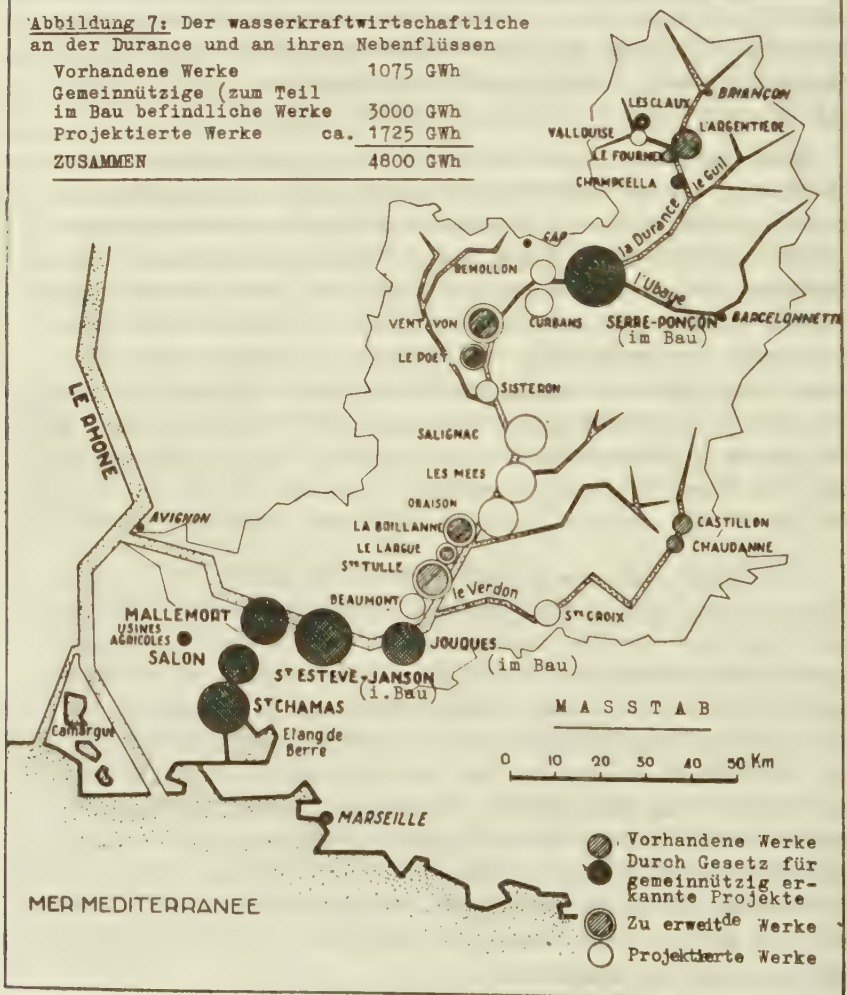
Der wasser- und energiewirtschaftliche Ausbau des in seiner Wasserführung sehr ungleichmäßigen Verdon beschränkt sich bis heute auf zwei moderne Talsperrenkraftwerke, die die Wasserführung des Verdon zwar nur teilweise zu regulieren vermögen, jedoch hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Oberflächengestaltung und Landschaftscharakter von großer Bedeutung sind ¹⁾. Die Arbeiten an der Sperre von Castillon waren vor 1930 begonnen worden. Beim Ausbruch der Weltwirtschaftskrise wurden sie unterbrochen, obwohl fast die gesamte elektromechanische und hydraulische Ausrüstung im Rahmen der Reparationsleistungen aus Deutschland geliefert worden war. Während des zweiten Weltkrieges ging der Bau kaum voran; er wurde dann erst in den Jahren 1945 bis 1948 fertiggestellt.

1) Besichtigung des Verdon-Ausbaus im September 1955

Die 100 m hohe und sich in ihrer Stärke von 17 auf 4 m verjüngende Bogenstauwehr hat ein Betonvolumen von 125.000 m^3 und ist an der ausgesprochen günstigen Eintrittsstelle in eine tiefe Schlucht errichtet worden. So ist in dem unbewohnten Tal ein landschaftlich großartiger Stausee mit einer Fläche von fast 500 ha und mit einem nutzbaren Speichervolumen von 125 Mill. m^3 (= 40 GWh Arbeitsvorrat) entstanden.

Abbildung 7: Der wasserkraftwirtschaftliche an der Durance und an ihren Nebenflüssen

Vorhandene Werke	1075 GWh
Gemeinnützige (zum Teil im Bau befindliche Werke	3000 GWh
Projektierte Werke	ca. 1725 GWh
ZUSAMMEN	4800 GWh



Die nur wenig flussabwärts, in unmittelbarer Nähe von Castellan gelegene Talsperre La Chaudanne schafft ein Ausgleichsbekken von 6 Mill. m³ Nutzinhalt. Diese Anlage weist die gleiche Bauart und Baugeschichte sowie ähnliche technische Charakteristika wie Castillon auf. Um die vor allem von bewässerungstechnischen Gesichtspunkten her wünschenswerte Vollregulierung der Wasserführung des Verdon zu ermöglichen, war unterhalb der touristisch sehr interessanten 'großen Verdon-Schlucht' der Bau eines Großspeichers bei Sainte-Croix vorgesehen. An eine baldige Verwirklichung kann vorläufig nicht gedacht werden, da die technisch-wirtschaftliche Durchführbarkeit immer noch nicht als gesichert angesehen zu werden scheint.

Der zukünftige Ausbau im Durance-Becken stützt sich in jeder Hinsicht auf die Errichtung der Talsperre von Serre-Ponçon; ihre Bedeutung für die unterhalb gelegenen und projektierten Kraftwerke lässt sich aus einer recht einfachen Zahl ableiten: jeder im Becken von Serre-Ponçon zurückgehaltene Kubikmeter Wasser wird nach beendetem Ausbau in der Lage sein, 1,5 kWh zu produzieren. Das vorgesehene nutzbare Speichervolumen von 900 Mill. m³ entspricht also, selbst bei Berücksichtigung des landwirtschaftlichen Reserveanteils, einem Arbeitsvorrat von mehr als 1 TWh. Das am Fuß des Staudamms geplante Kavernen-Kraftwerk wird bei einer installierten Leistung von 360.000 kVA ein Regelarbeitsvermögen von rund 700 GWh besitzen.

Am Mittellauf der Durance, zwischen Serre-Ponçon und der Verdon-Mündung, sind neben den bestehenden Werken mit über 650 GWh mittlerer Jahresarbeit fünf Kraftstufen mit zusammen 1,75 TWh jährlicher Darbietung geplant.

Die außer dem Vorhaben von Serre-Ponçon für gemeinnützig erklärten Projekte liegen zum Teil (Jouques, St-Estève, Mallemort) noch am Unterlauf der Durance, während die daran anschließenden Werke Salon und St-Chamas in der 'Crau', zwischen der Durance und dem Etang de Berre gebaut werden sollen. Die drei erstgenannten Werke werden, um auch die für die Landwirtschaft vorgesehenen Wassermengen in optimaler Weise energetisch abzuarbeiten, an einem Seitenkanal mit 250 m³/s Abflusskapazität betrieben werden.

Der größere Teil der bisher schon von der Durance durch Kanäle versorgten landwirtschaftlichen Nutzflächen liegt niedriger als 100 m, d.h. in einem Gebiet, das sich zwischen Rhône, Durance und Etang de Berre erstreckt. Der Wasserbedarf der Landwirtschaft wird mit 2,5 Mrd. m³ reichlich gedeckt sein. Bei einer jährlichen Abflußsumme von 6 Mrd. m³ bleiben also etwa 3,5 Mrd., die 'ungenutzt' in die Rhône abfließen. Die E.D.F. hat nun vor, hiervon 2,5 Mrd. m³ durch die Verlängerung des erwähnten Seitenkanals direkt in das Mittelmeer zu leiten, um auf diese Weise den Niveau-Unterschied von 120 m zwischen Durance und Etang de Berre für die Elektrizitätserzeugung nutzbar zu machen. Der Kanal, der an der Verdon-Mündung beginnt, wird eine gesamte Länge von 80 km haben, bei einer Spiegelbreite von 20 m und einer Tiefe von 7 m. Die Linienführung der einzelnen Kanalabschnitte ist unter Benutzung der Randgebiete fruchtbarer Ebenen in einer Weise vorgesehen, die die geringste Beeinträchtigung für die Landwirtschaft sicherstellt. Die drei aufeinanderfolgenden Bauabschnitte am Seitenkanal sind mit jeweils vorübergehender Rückgabemöglichkeit in das Flußbett geplant, während die Fließstrecke Durance-Etang de Berre (zwei Kraftwerke) nur als Ganzes in Betrieb genommen werden kann.

Einen Überblick über diesen Ausbau 'Durance-Méditerranée', der mit den Kraftstufen Jouques und St-Estève in Angriff genommen worden ist, gibt die folgende Aufstellung: 1)

W E R K	Inst. Leistung MW	Jahres- arbeit GWh	Rohfall- höhe m	Ausbauwasser- menge m ³ /s
Jouques	63	336	33	250
Saint-Estève	135	675	63	250
Mallemort	90	425	47	250
Salon	75	300	43	250
Saint-Chamas	135	500	70	250
kl. Werke für landw. Zwecke	18	80	verschieden	80
Z U S A M M E N	515	2315		

1) Quellen: Décelle/Cabanus/I, S. 273 u. Informationen 1956.

Bei dem Abflußrest von Mrd. m³, der weder land- noch energiewirtschaftlich genutzt wird, handelt es sich um reservierte Mindestfließmengen und um Hochwasser-Überlaufvolumen, die nicht gespeichert werden können.

Über die zu erwartenden energiewirtschaftlichen Auswirkungen des großen Speichers von Serre-Ponçon auf die Erzeugung der flußabwärts gelegenen Kraftwerke entnehmen wir der schon zitierten Studie folgende Angaben: 1)

Arbeitsvermögen des Werkes Serre-Ponçon	700 GWh
Mehrproduktion der bestehenden Werke	60 GWh
Mehrproduktion an der unteren Durance	200 GWh
Mehrproduktion zukünftiger Kraftstufen am Mittellauf	140 GWh
Z u s a m m e n	1100 GWh

Dabei ist den Rückwirkungen der für landwirtschaftliche Zwecke zu haltenden Wasserreserve schon Rechnung getragen.

Es erhebt sich die Frage, welcher Anteil der neuen Erzeugung des Durance-Beckens in den Norden Frankreichs abgeführt werden muß, welcher Übertragungsaufwand also den Produktionskosten der elektrischen Energie zuzuschlagen ist. Hierzu läßt sich feststellen, daß im Wärmekraft-Programm 1953/57, das 26 Maschinensätze mit je 125 MW vorsieht, der französische Südosten praktisch nicht berücksichtigt ist. Die Entwicklung von Erzeugung und Verbrauch läßt sich für diesen Lastverteilungsbezirk folgendermaßen angeben:

	1948	1953	1960/61	(unter Einschluß der Werke an der unteren Rhône)
Erzeugung	1,5 TWh	3 TWh	ca. 6 TWh	
Verbrauch	1,9 TWh	2,6 TWh	ca. 5 TWh	

Selbst dann, wenn man die verhältnismäßig schwächere Verbrauchsentwicklung im wenig industrialisierten Südosten berücksichtigt, dürfte der Anteil der abzuführenden Energie mit etwa einem Viertel (anstelle von 17 % in 1953) nicht zu niedrig geschätzt sein. Bei Einbeziehung der entsprechenden Übertragungskosten kommt man zu einem mittleren Gestehungspreis der beim

1) Décelle/Cabanus/I, op.cit. S. 276 ff.

Durance-Ausbau zu gewinnenden Elektrizität von etwa 3 frs pro Kilowattstunde ¹⁾).

Im Vergleich zu anderen französischen Großprojekten stehen die Vorhaben an der Durance rentabilitätsmäßig mit an erster Stelle. Die Einstufung nach dem 'Wertkriterium' ²⁾ ergibt einen Koeffizienten von 1,56 für die Vorhaben von Serre-Ponçon und an der unteren Durance. Dieser Wert wird in Frankreich nur von wenigen Werken mittlerer Größe übertroffen. Bei Zugrundelegung des Fernübertragungsanteils von 'nur' 25 % ergibt sich sogar ein Koeffizient von 1,7, der umgerechnet einem relativen Rentabilitätssatz von 11 % entspricht.

Hierbei sind die landwirtschaftlich bedingten Lasten und Gewinne nicht berücksichtigt. Die Auflagen, denen die E.D.F. gerecht werden muß, werden durch einen Finanzierungsbeitrag kompensiert; auf die zu erwartenden Gewinne in der Landwirtschaft wird noch an anderer Stelle zurückzukommen sein.

Im Bauetat des Modernisierungs- und Ausrüstungsplanes sind die Gesamtkosten für Serre-Ponçon mit 40 Mrd. frs eingesetzt. Unter den gleichen Bedingungen stellt sich die Gesamtinvestition für Serre-Ponçon und 'Durance-Méditerranée' auf 114 Mrd. frs. Bei Berücksichtigung der Subvention des Landwirtschaftsministeriums ergibt sich ein Betrag von 109 Mrd. frs. Hinzu kommen Bauzinsen und allgemeine Aufwände in der Höhe von 17 Mrd. frs, so daß die gesamte energiewirtschaftliche Investition mit 126 Mrd. frs zu veranschlagen ist. Sie wird 12 bis 15 Jahre lang rund ein Zehntel des Budgets der E.D.F. beanspruchen. Bei der für diesen Bauabschnitt vorgesehenen Elektrizitätserzeugung von 3,2 TWh stellt sich der Investitionsbetrag für die jährlich erzeugbare Kilowattstunde auf knapp 40 frs.

Die Subvention des Landwirtschaftsministeriums bezieht sich auf die Haltung einer Reserve von 200 Mill. m³ und trägt den dadurch gegebenen quantitativen und qualitativen Auswirkungen auf die Stromproduktion Rechnung.

1) Décelle/Cabanus/I, op.cit. S. 277 (vgl. Kosten des Rhône-Stroms, Kapitel IV)

2) Vgl. hierzu die Ausführungen unter VIII/1 (Potential usw.).

3. Die Talsperre von Serre-Ponçon und ihre Auswirkungen

Mit dem Staudamm von Serre-Ponçon wird — neben der Grande Dixence — der größte Speichersee Europas geschaffen werden. Die Durance fließt hier in einem zwischen zwei leicht gegeneinander versetzten Felsspornen eingeschlossenen Durchlaß, wobei die Baustelle nach dem rechtsufrigen Sporn benannt wurde. Die Einmündung der Ubaye, die ein teilweise über 2500 m Höhe im Gebiet des Monte Viso gelegenes Einzugsgebiet von 3600 km² entwässert, liegt 2 km flußaufwärts, so daß ihr Abfluß dem Speicherinhalt zuwächst. Die mittlere Fließe der Durance beträgt bei Serre-Ponçon 85 m³/s, was einer jährlichen Abflußsumme von 2,7 Mrd. m³ entspricht.

Schwierigkeiten technischer Art ergeben sich aus den geologischen Verhältnissen; das Liasgestein steht 100 m unter der Flußsohle an, die in der mit Geschiebemengen angefüllten Gletscher- und Erosionsrinne liegt. Da unter diesen Umständen ein auf dem Felsuntergrund gelagerter Betondamm nicht in Frage kommt, hat man sich zu einem Schüttdamm aus Erde und Steinen von 120 m Höhe entschlossen, der ein Volumen von 14 Mill. m³ haben wird. Die Länge der Dammkrone wird 600 m, die Kronenbreite 10 m und die Sohlenbreite 650 m betragen. Höhenmäßig werden bei diesem Damm amerikanische Größenordnungen durchaus erreicht; das Dammvolumen kann jedoch mit dem der von der amerikanischen Armee am Missouri errichteten Deiche (fast 100 Mill. m³) kaum verglichen werden. 1) Besondere Maßnahmen werden infolge der Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes wie des Dammes selbst nötig. So sind in die Anschwemmungsschicht durch zahlreiche Bohrlöcher große Mengen von Ton und gemahlenem Schlackenzement eingepreßt worden. Ergänzend wird auch die rissige Randzone des anstehenden Gesteins mit Einspritzungen versehen 2). Auf diese Weise wird die Durchlässigkeit des Untergrundes auf etwa ein Fünftausendstel verringert und zugleich ein guter Anschluß zwischen Felsen und Geschiebe einerseits sowie zwischen Geschiebe und Damm andererseits vorbereitet.

1) Technische Angaben nach Décelle/Cabanius/I u. II, op.cit. und nach R. Maigre, op.cit. (Spezialliteratur).

2) Besichtigung der Baustelle im Oktober 1955.

Der Erddamm selbst wird einen lehmigen Kern erhalten und der übrige aus 50 bis 60 cm starken, feucht gewalzten Schichten bestehen. Die oberstromige Böschung soll durch Natursteinbelas gegen den Angriff entstehender Wellen geschützt werden. Am Fuße des Dammes wird ein Grundablaß eingebaut, damit von Zeit zu Zeit größere Geschiebemengen herausgespült werden können. Sonst umfaßt das Bauvorhaben namentlich die folgenden Arbeiten: den Bau von zwei Umleitungsstollen mit je 900 m Länge, die später der Hochwasserentlastung dienen werden; den Ausbau des Kavernen-Kraftwerkes mit Entnahme-, Rückgabestollen sowie unterirdischer Transformatorenstation; den Aushub eines flußabwärts gelegenen Ausgleichsbeckens mit etwa 5 Mill. m³ Fassungsvermögen, um die kurzzeitige Regulierung der vom Kraftwerk stoßweise abgearbeiteten Wassermengen zu gewährleisten; verschiedene provisorische oder ergänzende Bauten, wie beispielsweise Kofferdämme, Materialtransporteinrichtungen und Straßen. Das Kraftwerk ist für eine Triebwassermenge von 300 m³/s unter einem höchsten Gefälle von 125 m geplant und soll in dem linksufrigen Felsvorsprung eingebaut werden. Vier durch Francis-Turbinen in senkrechter Anordnung getriebene Maschinensätze mit einer Leistung von zusammen 360 MVA werden eine jährliche Erzeugung von 700 GWh erlauben.

Die ersten, teilweise nur vorbereitenden Arbeiten an der Stufe Serre-Ponçon begannen im Jahr 1955; der eigentliche Bau begann lag im Frühjahr 1956. Die Bauzeit wird etwa fünf Jahre betragen.

Die Frage nach dem Ausmaß des zu überfluteten Gebietes und der dadurch betroffenen Bevölkerung hängt eng mit der Wahl der Stauhöhe am Damm von Serre-Ponçon zusammen. Die nun endgültig festgesetzte Stauspiegelskote 780 entspricht einem gesamten Speicherinhalt von 1,2 Mrd. m³, wovon 0,9 Mrd. m³ genutzt werden können. Etwa 3000 ha, davon ein Viertel landwirtschaftlicher Nutzfläche, werden versinken, und daher die Einwohner der beiden Gemeinden Savines (850) und Ubaye (150) zur Abwanderung gezwungen sein. 1)

Die Zahl der versinkenden Häuser beläuft sich auf rund 400, wovon allein 225 auf Savines und 65 auf Ubaye entfallen. Zwei

1) Hier und im folgenden nach P. Dulery, op.cit. S. 307 ff.

industrielle Unternehmungen in Savines sind ebenfalls betroffen, eine Papiermasse-Fabrik und eine Spinnweberei. Aber nicht nur Einzelpersonen oder -unternehmungen werden in Mitleiden-schaft gezogen, sondern darüber hinaus wird das finanzielle und wirtschaftliche Gleichgewicht von 12 Gemeinden der Departements Hautes-Alpes und Basses-Alpes, die standort- und bevölkerungsmäßig wenig begünstigt sind, bedroht. Eine Abwanderung von Betrieben und Menschen gerade aus diesen Siedlungen muß als wenig wünschenswert bezeichnet werden.

Verkehrsmäßig wird die Verlegung der Eisenbahnstrecke Gap-Briançon auf einer Länge von 14 km notwendig; 60 km Straßen müssen neu oder ausgebaut werden. Verwaltungsmäßige Umstellungen werden vor allem die Auflösung der Gemeinde Ubaye betreffen.

Von den 1100 zum Verlassen ihrer Wohnsitze gezwungenen Einwohnern ist die Mehrzahl haupt- oder nebenberuflich in der Landwirtschaft tätig. Weitere Bevölkerungskreise werden insofern betroffen, als beispielsweise landwirtschaftliche Nutzflächen, die von höher gelegenen Anwesen aus bewirtschaftet werden, im Überschwemmungsgebiet liegen. So kann sich die Bewirtschaftung des verbleibenden und oft minderwertigeren Grundes, wenn nicht als unmöglich, so doch immerhin als unrentabel herausstellen.

Auf dem gewerblichen Sektor sind es die wechselseitigen liefer- und absatzmäßigen Beziehungen sowie die auf Pendelverkehr begründeten Arbeitsmöglichkeiten in der Überschwemmungszone, die erhebliche Störungen und Umwälzungen im Wirtschaftsleben der Umgebung verursachen müssen.

Die am Durance-Ausbau beteiligten und interessierten Stellen, vor allem die öffentliche Hand und die Electricité de France, wollen sich in weitgehendem Maße und über den Umfang der gesetzlichen Entschädigungen hinaus um die materiellen Probleme kümmern, die bei der Um- und Wiederansiedlung sowie bei der Neuschaffung von Existenzmöglichkeiten für die betroffenen Bevölkerungsteile auftreten. Man scheint in jeder Hinsicht darauf bedacht zu sein, soziale und wirtschaftliche Angriffspunkte bei diesem großen und im In- und Ausland stark beachteten Vorhaben von vornherein so weit wie möglich auszuschalten.

Während die von künstlicher Bewässerung abhängige Bodennutzung im Gebiet der oberen Durance nie von größerer Bedeutung gewesen war und am Mittellauf immerhin ein 2 bis 5 km breiter Kulturstreifen durch Wasserzuführung aus den Kraftwerkskanälen geschaffen werden konnte, werden an der unteren Durance mehr als 75.000 ha von dem bestehenden Bewässerungssystem versorgt. Hier sind neben dem Anbau von Erdbeeren und Melonen vor allem Feingemüsekulturen für die Versorgung von Lyon und Paris sowie für den Export von hervorragender Bedeutung. Der Wert der jährlichen Agrarerzeugung in den von der unteren Durance bewässerten Gebieten beträgt durchschnittlich rund 26 Mrd. frs. ¹⁾ Der Schwerpunkt der Wassernutzung liegt in einem Dreieck, als dessen Ecken die Orte Carpentras, Arles und Salon gedacht werden können.

Insgesamt entnehmen 16 auf genossenschaftlicher Basis betriebene Hauptkanäle mit einer Kapazität von 114 m³/s ihre Fließmengen der Durance unterhalb der Verdon-Mündung, wovon sechs Kanäle (18.000 ha) rechtsseitig und zehn (54.000 ha) am linken Ufer der Durance abzweigen. Die reichlichen Versickerungen aus den vielfach nicht ausgekleideten Bewässerungskanälen haben durch eine Erhöhung des Grundwasserspiegels einige kleinere Becken ebenfalls in fruchtbares Land verwandelt, so z. B. die Depression von Châteaurenard.

Die hauptsächlichsten Schwierigkeiten, die sich beim Betrieb des derzeitigen Bewässerungssystems zeigen, ergeben sich aus der unregelmäßigen Wasserführung der Durance, die in den Monaten Juli, August und September oft weit unter 100 m³/s zu sinken pflegt. Das bisher gemessene absolute Minimum betrug 35 m³ pro Sekunde im Jahre 1945, während für die drei Hochsommermonate desselben Jahres eine durchschnittliche Fließrate von nur 59, 53 und 54 m³/s errechnet wurde ²⁾. Man hat aus den Aufzeichnungen und Erfahrungen des vergangenen Halbjahrhunderts festgestellt, daß die sommerliche Bewässerungsfehlmenge in einem Viertel aller Jahre unter 10 % des Bedarfes lag, während einem weiteren Drittel zwischen 10 und 20 % schwankte und in jedem zehnten Jahr sogar 40 % überschritt ³⁾.

1) R. Rolley, op.cit. S. 290

2) A. David, op.cit. S. 320

3) P. Faraud, op.cit. S. 297

(Vgl. Spezialliteratur)

Nachdem eine 1907 eingesetzte Kommission den für eine befriedigende landwirtschaftliche Tätigkeit unbedingt erforderlichen Mindestwasserbedarf auf $85 \text{ m}^3/\text{s}$ schätzte, ergab eine nach der inzwischen erfolgten Ausdehnung der bewässerten Gebiete vorgenommene Messung (August 1952) $110 \text{ m}^3/\text{s}$ als heute genutzten und benötigten Abfluß. Hinzu kommen noch $4 \text{ m}^3/\text{s}$ für die vorgesehene Bewässerung eines Gebietes am Etang de Berre, so daß sich ein Gesamtbedarf von rund $115 \text{ m}^3/\text{s}$ ergibt.

Die Sicherung dieser und einer zusätzlichen Abflußmenge von 20 % ist eines der Ziele, die mit der Errichtung der Talsperre von Serre-Ponçon erreicht werden sollen, nachdem der Einsatz der landwirtschaftlichen Wasserreserve des Speichersees Castillon (85 Mill. m^3) schon eine spürbare Erleichterung während der schwersten Trockenperioden der letzten Jahre herbeigeführt hat ¹⁾. Die Höhe der für Bewässerungszwecke bereitzuhaltenden Reserve wurde auf Grund des mit $115 \text{ m}^3/\text{s}$ genannten Bedarfs errechnet ²⁾. Dabei ergab sich, daß ein reserviertes Volumen, das die vollständige Regulierung mit 100%iger Wahrscheinlichkeit sichern würde, eine wirtschaftliche Energiespeicherung und -erzeugung ausschließen müßte. So kam man auf den mittleren Wert von 200 Mill. m^3 , der in acht von zehn Jahren den vollständigen Ausgleich der für die Bewässerung während der Sommermonate erforderlichen Abflußmenge ermöglicht und auch in den übrigen zwei Jahren zu einer erheblichen Verbesserung der Kanalfleßen beiträgt.

Für die in fernerer Zukunft auszudehnenden Bewässerungszwecke ist die Haltung einer zusätzlichen Reserve von 100 Mill. m^3 vorgesehen. Diese Ausweitung soll sich auf fast 22.000 ha , vor allem in Gebieten rechts der Durance, in der Crau und am Etang de Berre, erstrecken.

Am oberen Abschnitt des Durance-Mittellaufs (oberhalb von Sisteron) ist die Ausdehnung der Bewässerung nur in geringem Maße möglich, da das Flußbett und die Talschle hier vielfach

- 1) Nach A. David (op.cit. S.318) konnte z.B. in dem extrem trockenen Jahr 1949 die naturgegebene Wasserklemme von 82 Tagen mit 140 Mill. m^3 Defizit auf 47 Tage mit 42 Mill. m^3 Defizit zurückgeführt werden.
- 2) Die E.D.F. erhält das Recht, den Abfluß in den Kanälen im Winter auf ein Viertel dieser Menge zu reduzieren.

zwischen Höhenzügen eingeschlossen sind. Man hofft jedoch, im Zusammenhang mit billigen Stromlieferungen der E.D.F. dort unter Anwendung von Pumpstationen 5000 ha berieseln zu können.

Auch der Bau des Seitenkanals an der unteren Durance wird der Landwirtschaft Vorteile bringen. Der mit modernen Verfahren abgedichtete Kanal wird Wasserverluste vermeiden und die Entnahme der Bewässerungsmengen erheblich erleichtern, da die Wasserfassungen nicht mehr im breiten Geröllbett der Durance sondern direkt am Kraftwerkskanal angebracht sein werden. So wird neben dem Wegfall der sehr aufwendigen Unterhaltung der bisherigen Entnahmeverrichtungen auch ein reibungsloserer Zufluß zu den vorhandenen Kanälen ermöglicht werden. Verschiedene Nachteile, die sich durch die Umleitung des Mündungslaufes der Durance ergeben werden, erfordern zusätzliche Abhilfsmaßnahmen seitens der E.D.F. So müssen die rechtsufrigen Kanäle der Vaucluse durch besondere, die Durance durchquerende Anlagen an den Werkskanal angeschlossen werden. Ferner muß das Flußbett, in dem oft nur die zugesicherte Mindestwassermenge fließen wird, dauernd instand gehalten werden, um den Abfluß größter Hochwasser nicht zu behindern. Schließlich werden umfangreiche Versuche und Maßnahmen erforderlich, um die Aufrechterhaltung der Grundwasserverhältnisse sicherzustellen. Das Grundwasserproblem, das für die Landwirtschaft von besonderer Bedeutung ist, hat dementsprechend seinen Niederschlag in den verschiedensten gesetzlichen Auflagen und in Verwaltungsbestimmungen gefunden, die für die E.D.F. als absolut bindend angesehen werden müssen.

Die folgenden Angaben über die Rentabilität der landwirtschaftlichen Reserve im Speicher von Serre-Ponçon sind der schon zitierten Studie von R. Rolley entnommen worden ¹⁾. Rolley geht davon aus, daß eine vorübergehende und kleine Verringerung der Wassermengen nur Folgen für die Betriebsführung der Kanäle zeitigt, Defizite von 25 bis 30 % des Monatsbedarfs jedoch den Kulturen schon erhebliche Schäden zufügen, während darüber hinausgehende Fehlmengen zu vollständigen Ernteaussfällen bei einzelnen Produkten führen können. Die durchschnittlichen jährlichen Ernteaussfälle infolge schlechter Wasserführung

1) R. Rolley, op.cit. S. 294/295

der Durance machten während der letzten 32 Jahre etwa 5 % der Erzeugung aus, also etwa 1,3 Mrd. frs, wodurch sich allein schon die Bereitstellung der 200 Mill.m³-Reserve wirtschaftlich als gerechtfertigt erweise. Bei Berücksichtigung der höheren Betriebssicherheit der Bewässerungsanlagen und der dadurch gegebenen besseren Bodennutzung kommt Rolley auf eine Rentabilität von rund 30 % des vom Landwirtschaftsministerium zum Bau der Talsperre gegebenen Zuschusses von 5 Mrd. frs .

Eine mittelbare Folge des Durance-Ausbau wird darin bestehen, daß die Talsperre Castillon (Verdon) ihre derzeitige, ebenfalls vom Landwirtschaftsministerium mit einer Subvention 'erkaufte' Rolle — nämlich die Bewässerungskrisen an der unteren Durance zu mildern — abgeben kann, um der eigentlichen Abflußregulierung des Verdon zu dienen. Diese ist, zugunsten seiner Anwohner, seit 1923 in einem Sondergesetz vorgesehen, jedoch wegen technischer Schwierigkeiten und neuerdings wegen der übermächtigen Interessen der Landwirtschaft an der Durance nicht zustandegekommen.

In diesem Zusammenhang sei das Großprojekt des sogenannten 'Verdon-Ausbau' genannt, das von den Departements Bouches-du-Rhône und Var bearbeitet wird und sich auf die umstrittene Speicherplanung von Sainte-Croix am Verdon stützt. Die klaren Wasser des Verdon sollen von hier aus 15.000 ha im Departement Var fruchtbar machen und darüber hinaus den am Mittelmeer gelegenen Städten von Marseille bis St-Tropez als Brauchwasser zugeleitet werden. Mit der Ausführung dieses Vorhabens mehr wasserwirtschaftlicher Art, das auf die angedeutete Weise mit dem Ausbau der Durance, insbesondere von Serre-Ponçon, in Verbindung steht, ist bisher nicht begonnen worden.

4. Die Wasserkraftnutzung an den Mittelmeer-Küstenflüssen

Der zur Mittelmeerküste hin abfallende Südhang der Meeralpen empfängt infolge seiner exponierten Lage verhältnismäßig reichliche Niederschläge, die jedoch in Ermangelung von Gletschern sehr schnell zum Abfluß kommen. Das heißt also, daß die Abflußdauerlinien dieser zudem recht steil herabstürzenden Küstenflüsse in enger Anlehnung an die jeweiligen atmosphärischen Verhält-

nisse verlaufen und vom energiewirtschaftlichen Standpunkt aus als ungünstiger als diejenigen vieler Nordalpen- oder Mittelgebirgsflüsse erscheinen müssen. Dennoch konnten hier im Laufe der Jahrzehnte mehrere Kraftwerke entstehen, von denen die drei in Reihe arbeitenden Anlagen an der Tinée sowie die ehemals italienische Werkgruppe an der Roya die wichtigsten sind: 1)

F L U S S W E R K		Inst. Leistg MVA	Jahres- arbeit GWh	Rohge- fälle m	Ausbau- wasser m ³ /s
Argens	Entraigues	2,1	8	19,5	14,5
Siagne	St-Césaire	12	35	370	2,5
Loup	Pont-du-Loup	5,5	18	260	0,7
Tinée	Valabres (1.Bau)	33	138	200	20
	Le Bancairon	55	220	336	18,5
	La Courbaisse	30.	130	138	22
Var	La Mescla	1,5	9	9,5	20,5
	Plan du Var	7	32	27	20
Vésubie	St-Jean-la-Riv.	4	11	35	10
	St-Martin (1. Bau)	50	105	(1955 begonnen)	
Roya	Les Mesces	4	10	-	-
	Saint-Dalmas	54	100	723	6,7
	Paganin	14,5	40	122	12,3
	Fontan	15	35	104	10
	Breil	8,5	38	68	12,5
Z u s a m m e n			930	(davon 240 GWh noch im Bau)	

Die Tinée entspringt im kristallinen Mercantour und hat eine vergleichsweise gute Wasserführung. Deshalb besteht an ihrem Ausbau ein besonderes Interesse, das, abgesehen von den drei beendeten oder im Bau befindlichen Werken, in der Projektierung weiterer Anlagen am Oberlauf zum Ausdruck kommt. Das Kernstück des Tinée-Ausbaus ist das 1927 erbaute Werk Le Bancairon, das ein Gefälle von über 330 m nutzt und im Zuge der Frequenzumstellung erneuert wurde. Von dieser in einer engen Schlucht errichteten Anlage aus wird das Werk La Courbaisse ferngesteuert betrieben. Auf dieselbe Weise soll mit dem seiner Vollen-

1) Quelle: Wasserkraftstatistik 1954; neuere Informationen.

dung entgegensehenden Kraftwerk Valabres verfahren werden.



Abbildung 8: Der Wasserkraftausbau an den süd-ostfranzösischen Mittelmeer-Küstenflüssen

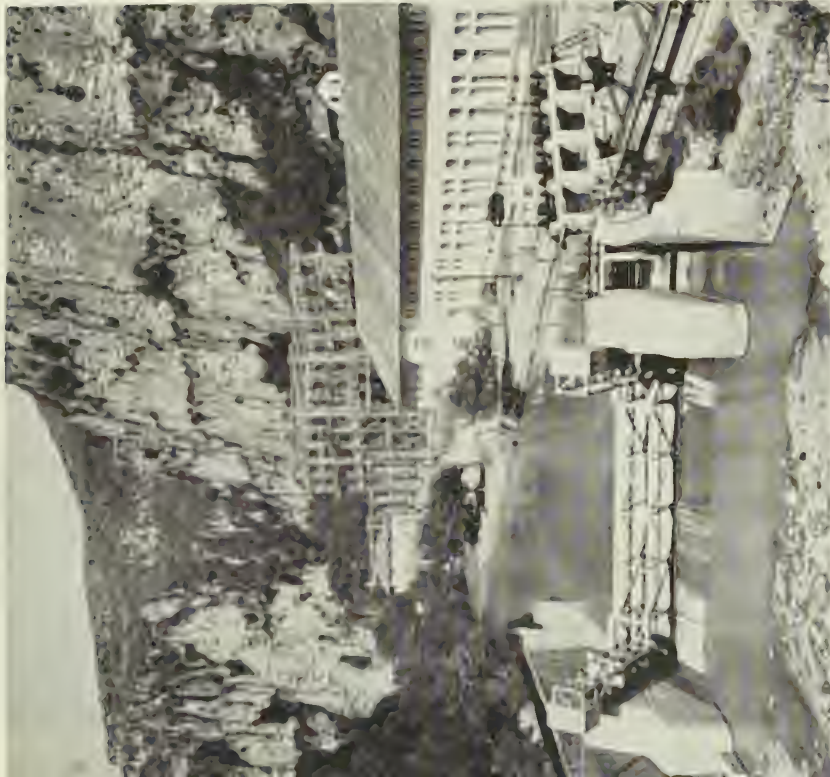
Die Kraftstufe La Courbaisse dürfte zur Zeit die größte ferngesteuerte Anlage Frankreichs sein. Es handelt sich um ein Umleitungskraftwerk, das mittels eines 9,5 km langen Stollens und einer 180 m langen Druckrohrleitung das gesamte unterhalb von Bancairon bestehende Gefälle (138 m) ausnutzt. Das Krafthaus, ein betont sachlicher und zweckbestimmter Bau, enthält zwei Francis-Maschinensätze mit einem Schluckvermögen von je 11 m³/s. Die Rückgabe des Triebwassers erfolgt durch einen 300 m langen Kanal in den Var, etwa 2 km oberhalb der Tinée-Mündung 1).

1) Besichtigungen in den Tälern von Tinée und Var im Oktober 55.

Die Jahreserzeugung des Werkes Valabres wird etwas höher als die von La Courbaisse liegen. Bei geringerer Abflußmenge steht ein größeres Gefälle zur Verfügung. Im unterirdisch angelegten Krafthaus werden ebenfalls Francis-Turbinen eingebaut; die Triebwasserrückgabe erfolgt direkt in das Entnahmebauwerk der Kraftstufe Le Bancairon. Nach Vollendung dieses dritten Wasserkraftwerkes werden die Wasser der Tinée unter einer Höhendifferenz von mehr als 650 m und aus einem Einzugsgebiet von 650 km² vollständig ausgenutzt sein und eine jährliche Erzeugung von nahezu 500 GWh ermöglichen. Diese Werkreihe wird ihren vollen energiewirtschaftlichen Wert jedoch erst dann erhalten, wenn einmal das projektierte Speicherkraftwerk bei Saint-Etienne am oberen Lauf der Tinée verwirklicht sein wird.

Zu erwähnen wäre noch, daß im Rahmen des zweiten 'Planes' ein anderes Hochdruckwerk bei Saint-Martin an der Vesubie, einem linken Nebenfluß des unteren Var, begonnen wurde.

Aus den vorhergehenden Ausführungen wie auch aus der gebrachten Übersicht läßt sich erkennen, daß wir im äußersten Südostzipfel Frankreichs nur verhältnismäßig kurze Flußläufe mit großem Gefälle und vergleichsweise geringen Abflußmengen vorfinden. Die Kraftwerke sind also fast durchweg Mittel- oder Hochdruckanlagen; ihr Bau ist wirtschaftlich vor allem durch die günstigen Umleitungs- und Konstruktionsbedingungen in den tief eingeschnittenen Felstälern gerechtfertigt. Daneben ist zu bedenken, daß der Wirtschaftsraum an der Mittelmeerküste östlich von Marseille auch energiewirtschaftlich etwas isoliert dasteht, da die Leitungsverbindungen mit dem übrigen Frankreich nicht sehr stark ausgebaut sind. Die Stromversorgung dieses Gebietes erfolgt daher durch die regionalen Wasserkraftwerke und wird durch die von Marseille aus heranführende Verbundleitung gesichert. Die beiden überalterten Wärmekraftwerke von Toulon und Lingostière (Nizza) sind nach dem letzten Krieg außer Betrieb gesetzt worden.



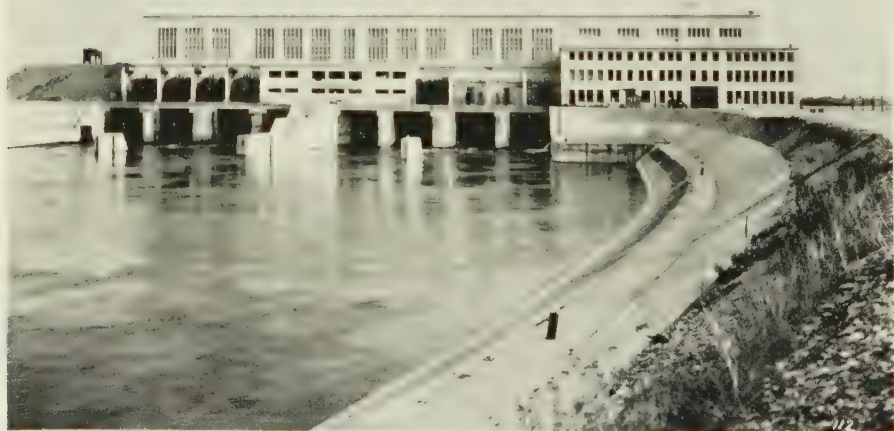
Das Umleitungskraftwerk LE BANCAIRON in der Schlucht der Tinée;
im Vordergrund der Segmentschütze und das Einlaufbauwerk für die



Kraftstufe LA COURBAISSE (rechts) am linken Ufer des
Var, oberhalb der Tiefschlucht (Photos Hochwass)



Kraftwerks- und Schleusenanlage ANDRE BLONDEL/Rhône von der Unterwasserseite aus; an der rechten Bildseite das Hubtor der Schachtschleuse und die Entlastungsanlage (Photo H. Baranger-Paris)



Kraftstufe OTTMARSHEIM am Rhein-Seitenkanal von der Unterstromseite aus (Photo H. Baranger-Paris)

IV. DER MEHRZWECKAUSBAU AN RHEIN UND RHONE

Rhein und Rhône besitzen im Rahmen der französischen Wasserkräfte eine besondere Stellung, einmal weil jeder Strom für sich schon von großer energetischer Bedeutung ist, zum anderen weil an beiden Strömen, was vorhandene Werke und den Stand der Bau- und Vorarbeiten betrifft, in naher Zukunft ein ungefähr 50%iger Ausbaugrad erreicht sein wird und gerade heute Ungewißheit darüber herrscht, wann, ob und auf welche Weise es zu dem in Generalplanungen vorgesehenen Vollausbau kommen wird.

Waren es im Fall des deutsch-französischen Rheins politische Gründe, die umfangreiche Verhandlungen und Neuplanungen erforderlich machten, so sind es beim Ausbau der Rhône Bedenken wegen der Konkurrenzfähigkeit gegenüber der sich sehr schnell entwickelnden Kernspaltungstechnik, die den geplanten Endausbau in Frage zu stellen drohen, jedoch angesichts der mehrfachen Zwecksetzung der Ausbauarbeiten das zu erwartende Übergewicht vorläufig noch nicht erlangt zu haben scheinen.

Es liegt nahe, Rhein und Rhône, die ihrer Wasserführung nach bedeutendsten Flußsysteme Westeuropas, mit ihren zahlreichen ähnlichen Zügen nebeneinander-, mit ihren Unterschieden jedoch vergleichend gegenüberzustellen. Beide Flüsse entspringen in Gletschergebieten der Schweiz, die sich zudem in unmittelbarer Nachbarschaft befinden, und durchfließen nach Überwindung ihrer größten Gefälle Seen, die bei annähernd gleicher Oberfläche und Meereshöhe ¹⁾ stark ausgleichend auf die weitere Wasserführung einwirken, so daß sie auf ihren französischen Laufstrecken fast durchweg als gut regulierte Flachlandströme mit verhältnismäßig starkem Gefälle anzusprechen sind.

Für Frankreich — und es verfügte bis heute praktisch allein über den Abfluß des Rheins unterhalb von Basel — handelt es sich also um Vorkommen an 'weißer Kohle', die ihm in Form zweier in ausländischen Alpengebieten entstehender und bis zur Landesgrenze beträchtlich angewachsener Ströme zufallen, und die es in optimaler Weise der nationalen Wirtschaft nutzbar zu machen gilt.

1) Genfer See: 581 km² in 375 m Höhe; Bodensee: 538 km² u. 395 m.

Für beide Flüsse sind Generalpläne ausgearbeitet worden, die den Vollausbau mit einer Reihe großer Laufwasserkraftwerke vorsehen und gleichzeitig die unbehinderte Fortführung sowie eine wesentliche Erleichterung der Flußschifffahrt berücksichtigen. Die unterschiedlichen Züge des Rhein- und Rhône-Ausbau- es treten, abgesehen von dem durch die verschieden langen Anliegerstrecken bedingtem Ausmaß, vor allem bei den natürlichen und geschaffenen Bedingungen auf, die bei der Durchführung der Pläne, bei den gefundenen und teilweise verwirklichten Lösungen sowie schließlich bei den zu erwartenden zukünftigen Auswirkungen eine große Rolle spielen.

Es soll schon hier darauf hingewiesen werden, daß es sich beim Ausbau des Rhein-Seitenkanals, der — aus französischer Sicht — wesentlich günstigere Bedingungen vorfindet, um ein energiewirtschaftliches Vorhaben mit außerordentlich hoher Rentabilität handelt. Daher werden die im Vertrag von Versailles festgelegten Auflagen zugunsten der Schifffahrt ebenso wie die neuerdings auf Grund der Saar-Verträge notwendig gewordenen Projektänderungen von Frankreich gern in Kauf genommen.

Im Falle des Rhône-Ausbau- es jedoch ist die energetische Nutzung nur eines, wenn auch heute noch das hauptsächliche Ziel. Die Schaffung einer leistungsfähigen Großschiffahrts- straße wird zeitlich erst an zweiter Stelle liegen und daher, ebenso wie die Bewässerung größerer landwirtschaftlicher Nutz- flächen, nicht kurzfristig verwirklicht werden können. Diese Arbeiten, die die energiewirtschaftliche Rentabilität vermin- dern, sind vom erfolgreichen Wasserkraftausbau abhängig und werden auf lange Sicht umso größere Auswirkungen auf die wirt- schaftliche Entwicklung des angrenzenden Gebietes haben.

Für die folgenden Ausführungen über den Ausbau von Rhein und Rhône wurde neben verschiedenen, schon mehrfach genannten Quellen allgemeiner Art die am Schluß der Arbeit gesondert zu- sammengestellte Spezialliteratur zu Rate gezogen, jedoch ohne daß das teilweise sehr reichhaltige Material auch nur annähernd hätte ausgenützt werden können.

1. Geschichte des Rhône-Ausbaues; Großkraftwerk Génissiat

Die Rhône hatte schon einmal, und zwar bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts, eine große transportwirtschaftliche Bedeutung gehabt. Ihr Schiffsverkehr soll 1855 höher als derjenige auf dem Rhein gewesen sein. Statistiken sind erst aus einer Zeit vorhanden, die den Verkehr auf der Rhône zurückgehen sah. Hauptursache dürfte die Ausdehnung des Eisenbahnverkehrs gewesen sein. Gleichzeitig erschwerten das unregulierte Fahrwasser und die heftige Strömung die Anpassung dieses alten Flusses an die modernen Schifffahrtsbedingungen. In verschiedenen Programmen wurde fortlaufend an Verbesserung und Unterhaltung der unteren Rhône gearbeitet; dennoch blieb der Verkehr weiterhin gering und erreichte auch nach dem letzten Krieg mit rund 0,5 Mill. Tonnen jährlich nur etwa ein Zehntel des Verkehrs auf dem Rhein unterhalb von Basel. 1)

In den ersten Jahren unseres Jahrhunderts waren zahlreiche Pläne entstanden, die in Verbindung mit der Ausnutzung der Rhône-Wasserkräfte dem Fluß seine alte Bedeutung als Schifffahrtsweg zurückgeben wollten. Unter den Förderern solcher Vorhaben fanden sich Männer wie Edouard Herriot und Léon Perrier. Die Projekterweiterung auf eine dreifache Zwecksetzung brachte den Planern schließlich größeren Widerhall und verhalf dem Programm zu einer gesetzlichen Form. Es kam zur Verabschiedung des Gesetzes vom 27. Mai 1921, das in seiner Art neu und beispielgebend war. Es fußte auf dem Grundsatz, daß der Ausbau der Rhône unter dem dreifachen Gesichtspunkt der Schifffahrt, der Bewässerung und der Wasserkräfte verwirklicht werden soll, indem das Vorhaben in Etappen durchgeführt wird. Der Ausbau der Rhône bildet ein Ganzes, das nicht durch Einzelkonzessionen zerstückelt werden darf, und ist durch einen Organismus zu verwirklichen, der von allen interessierten Körperschaften gebildet wird und die finanzielle Unterstützung des Staates genießt. Nach der Verkündung des Gesetzes sollte es jedoch noch volle zwölf Jahre dauern, bis es zur Bildung der darin vorgesehenen 'Compagnie Nationale du Rhône' (C.N.R.) am 27. Mai 1933 und zu ihrer Bestätigung durch die Erteilung der Generalkonzession für den Rhône-Ausbau im Jahre 1934 kam.

1) Hier und im folgenden häufig nach G. Tournier/1951, op.cit.

Zu den allgemeinen Zügen einer 'gemischtwirtschaftlichen' Gesellschaft, nämlich A.G.-ähnliche Rechtsform, Vertretung des Staates im Verwaltungsrat und Einwirkung der öffentlichen Hand im finanziellen Bereich, kamen im besonderen Fall der C.N.R. einige Momente, die ihr den Charakter einer regionalen Kooperative gaben. Die finanzielle Rolle des Staates beschränkte sich laut Satzung vornehmlich auf die Garantie für die C.N.R.-Anleihen. Diese Anleihemittel sollten normalerweise neun Zehntel, das Eigenkapital ein Zehntel der Investitionen decken. Das Grundkapital der C.N.R. wurde zu gleichen Teilen von vier Gruppen gezeichnet, die sich in Hinblick auf die Zwecksetzung der Gesellschaft zusammengefunden hatten: die öffentlichen Körperschaften des Rhône-Tals für die Interessen von Landwirtschaft, Schifffahrt, Gewerbe und Industrie; das Département de la Seine als Großverbraucher von Elektrizität; mehrere Elektrizitätsgesellschaften aus den Gebieten von Lyon und Paris; die Eisenbahngesellschaft 'Paris-Lyon-Midi' als erster regionaler Großverbraucher im Zuge der vorgesehenen Bahnelektrifizierung. Die entscheidende Tatsache jedoch, die den regional-kooperativen Charakter der C.N.R. deutlich werden läßt, bestand darin, daß eine Verwendung der beim Kraftwerkbetrieb zu erzielenden Überschüsse für den weiteren, nicht immer unmittelbar rentablen Mehrzweckausbau der Rhône gesetz- und statutenmäßig festgelegt worden war.

Infolge der zwischenzeitlichen Entwicklung — Krieg, Inflation, Nationalisierung und zentrale Energiepolitik — hat sich der ursprüngliche Charakter des C.N.R.-Statuts leicht verwischt. Unter den Aktionären ist die Compagnie P.L.M. durch die 1937 entstandenen staatlichen Eisenbahnen (S.N.C.F.) ersetzt worden; an die Stelle der ehemals privaten Elektrizitätsunternehmen trat die E.D.F., so daß heute, nach Ausschaltung jeder privatwirtschaftlichen Komponente, die Bezeichnung eines öffentlich-staatlichen Unternehmens am ehesten zutrifft.

Im finanziellen Bereich erwiesen sich die zu erfüllenden Dienstbarkeiten bis heute als so umfangreich, daß die verbleibenden Überschüsse eine nur geringe Selbstfinanzierungsquote und dadurch keine auch nur annähernde Beibehaltung der ursprünglich vorgesehenen Eigen-/Fremdkapitalrelation erlaubten.

Besondere Umwälzungen brachte die nach dem Krieg verwirklichte nationale Energiepolitik mit sich, die sich nicht nur in der Einbeziehung der Rhône-Vorhaben in die Energiepläne äußerte, sondern auch Auswirkungen allergrößten Ausmaßes auf die Finanzierung des Rhône-Ausbaus zeitigte. Einerseits wurden C.N.R.-Anleihen, die zusammen mit Eigenmitteln bis zum Jahre 1950 alle Investitionen ohne jede Finanzhilfe des Staates ermöglicht hatten, in immer geringerem Umfang genehmigt; andererseits wurden jetzt bedeutende Beträge aus dem Modernisierungs- und Ausrüstungsfonds bereitgestellt. Diese Tendenz zur 'Etatisierung' der C.N.R.-Finanzierung hat sich in der Weise entwickelt, daß die C.N.R. für jedes Jahr ihren auf Grund der im Einvernehmen mit dem Plankommissariat durchzuführenden Vorhaben ermittelten Investitionsbedarf anmeldet. Die Zuteilung erfolgt aus dem Fonds unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Eigenmittel, die in den letzten Jahren etwa 20 bis 30 % ausmachten¹⁾.

Wenn auch der Einfluß der Staatsgewalt auf das Wirken der C.N.R. in jeder Weise gewachsen ist und vermutlich weiter zunehmen wird ²⁾, so ist doch die rein sachliche Aufgabe dieser Gesellschaft, nämlich der dreifache Ausbau der Rhône, die gleiche geblieben, und sie scheint vorläufig nach den Ideen von Léon Perrier und Edouard Herriot weitergeführt zu werden.

Die beschränkten Finanzmittel der noch jungen C.N.R. erforderten den vorranglichen Bau eines rentablen Großkraftwerkes. Man wählte dafür die Stelle von Génissiat in der Schlucht der oberen Rhône, die — 7 km von Bellegarde und 50 km von Genf flußabwärts gelegen — für den Kraftwerkbau besonders geeignet ist. Das zwischen Kalkfelsen eingeschlossene Tal war praktisch nicht besiedelt. Daher ist die Ausnutzung fast des gesamten Gefälles zwischen der Schweizer Grenze und Génissiat durch eine einzige Kraftstufe von 65 m Gefälle möglich. Das Kalkgestein erlaubt eine sichere Fundamentierung und Abstützung des gewaltigen Staudammes. Die Wasserführung der Rhône bei Génissiat ist durch die Wirkung des Genfer Sees schon stark vergrößert,

- 1) Die Gesamtaufwendungen sind seit 1953 erheblich gesunken.
- 2) "Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Staatseinwirkung unter einer anderen Form zunimmt, und daß der Staat anläßlich einer Neuordnung der C.N.R.-Statuten Aktionär wird..." (G.Tournier. Vortrag 1956/Spezialliteratur)

so daß sich das Verhältnis zwischen Niedrig- und Hochwasserführung auf etwa 1 : 10 bis 1 : 15 beläuft, während es beispielsweise an der Durance Werte von 1 : 100 erreichen kann.

Besonders schwierig gestalteten sich die 1936 begonnenen Vorbereitungsarbeiten, die auf Trockenlegung des im Flußbett anstehenden Kalkfundamentes zielten und gerade noch vor dem Krieg beendet wurden. Dazu hatte man zwei Stollen mit U-Bahn-Format in den seitlichen Fels gesprengt; die Trockenlegung gelang im April 1939 bei einem Abfluß von $500 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Bauarbeiten wurden verzögert bis zum Waffenstillstand fortgeführt; allerdings konnten gewisse Schäden durch das von den französischen Militärbehörden angeordnete Überfluten der Baustelle nicht verhindert werden. In der Besatzungszeit traten weitere Verzögerungen durch Materialmangel und Beschlagnahmen auf; während der sich 1944 abspielenden mehrmonatigen Widerstandskämpfe mußten dann sämtliche Arbeiten eingestellt werden. Immerhin waren die hauptsächlichsten Erdbewegungen sowie die Einrichtung des reichlich ausgelegten Betonmischwerkes inzwischen vollendet, so daß in den Jahren 1945/46 die Betonierungsarbeiten in den durch Arbeiterzahl und Zementlieferungen gegebenen Grenzen ohne Stockungen durchgeführt werden konnten; die während der Kampagne 1946 erreichte Leistung stellte mit 300.000 m^3 Beton damals einen französischen Rekord dar. Die Füllung des Staubeckens erfolgte im Januar 1948 ohne Zwischenfälle. Die Fertigstellung der maschinellen Ausrüstung machte infolge der schlechten Arbeits- und Materialverhältnisse in der ersten Nachkriegszeit erhebliche Schwierigkeiten, so daß der fünfte Maschinensatz erst 1951 installiert werden konnte.



Die Talsperre Génissiat ist eine Gewichtsstaumauer, deren Kronenlänge 140 m, Kronenbreite 9 m, Sohlenbreite 100 m und deren Gesamthöhe über den Fundamenten 104 m betragen. Ihr Betonvolumen bemißt sich mit 440.000 m^3 . Der Grundablaß mit einer Kapazität von $1700 \text{ m}^3/\text{s}$ wird nur gelegentlich zur Herausspülung von Anschwemmungen geöffnet, während

der rechtsufrige Skisprung-Hochwasserüberlauf einen Abfluß von 1300 m³/s bewältigt.

Der Stausee dehnt sich auf einer Länge von 23 km fast bis zur Schweizer Grenze aus und hat ein Nutzvolumen von 15 Mill. m³ (etwa 2 GWh Arbeitsvorrat), was ungefähr fünf Stunden voller Werksleistung entspricht. Es ist also eine Berücksichtigung von Lastspitzen in der Weise möglich, daß das Werk bis zu 12 Stunden täglich seine volle Leistung ausfahren kann, selbst wenn die Fließe erheblich unter der Ausbauwassermenge liegt.

Die Turbinendruckrohre mit 5,75 m Durchmesser sind in der Staumauer einbetoniert und führen zu den im angebauten Krafthaus installierten Francis-Turbinen mit vertikaler Achse, mit einem Schluckvermögen von je 120 m³/s und einer Einheitsleistung von 100.000 PS bei dem Höchstgefälle von 69 m. Die Generatoren leisten je 70.000 kVA und ermöglichen eine mittlere Jahreserzeugung von 1,65 TWh, womit Génissiat in Westeuropa an zweiter Stelle hinter Donzère-Mondragon steht und hinsichtlich seiner installierten Leistung sogar den ersten Platz einnehmen dürfte. Ein sechster Maschinensatz ist in Auftrag gegeben, wird jedoch nur einen jährlichen Produktionszuwachs von rund 100 GWh bringen.

Das Kraftwerk Léon Perrier, wie diese Zentrale nach dem Gründer der C.N.R. benannt wurde, wird gemeinsam von der C.N.R. und der E.D.F. unter Zwischenschaltung eines gemischten Komitees betrieben. Die E.D.F. übernimmt den Rhône-Strom ab Werkstransformator. Die C.N.R. erhält zusätzlich zu den Verzinsungs- und Amortisationslasten des in Génissiat investierten Kapitals einen zur Selbstfinanzierung bestimmten Betrag. Insgesamt wendet die E.D.F. für jede abgenommene Kilowattstunde etwa 3 frs auf.

Um den tageszeitlich schwankenden Triebwasserabfluß des Kraftwerkes Léon Perrier gleichmäßig an den Unterlauf abzugeben, wurde 1949 bis 1952 unterhalb von Génissiat die Staustufe Seyssel errichtet, deren neuartige Klappenwehre bei der notwendigerweise sehr elastischen Nutzung der aufgestauten 6 Mill. m³ auch den Abfluß aller Hochwasser ohne Schwierigkeiten ermöglichen. Das Kraftwerk, das den Bedingungen entsprechend mit Fallhöhen zwischen 3,5 und 9,5 m arbeiten muß, enthält drei

Kaplan-Maschinensätze mit je 15 MVA und besitzt bei Ausgleichsbetrieb ein mittleres Jahresarbeitsvermögen von 175 GWh.

Die zwischen 1892 und 1897 errichtete Kraftstufe Cusset im nordöstlichen Vorortsgebiet von Lyon war das erste französische Großkraftwerk mit der damals gewaltig erscheinenden Leistung von rund 20 MW (16 Maschinensätze). Die Anlage, die durch Aufstau eines Umleitungskanals, des 'Canal de Jonage', ein Gefälle von 12 m nutzte, wurde vor dem letzten Krieg modernisiert. Seitdem arbeiten 14 Maschinenaggregate mit zusammen über 100 MVA unter einem auf 15 m erhöhten Gefälle einen Durchfluß von 500 m³/s ab. Mit einer Jahreserzeugung von nahezu 400 GWh gehört dieses Werk noch heute zu den zehn größten Anlagen Frankreichs. Die Kraftstufe Cusset, einst von einer Lyoner Gesellschaft erbaut und später von der C.N.R. übernommen, ist heute als einziges Rhône-Kraftwerk vollständig Eigentum der E.D.F.

2. Die Großanlagen Donzère-Mondragon und Montélimar

An der unteren Rhône arbeitet seit 1952 das Kanalkraftwerk Donzère-Mondragon; eine nach Art und Größe ähnliche Anlage entsteht zur Zeit flußaufwärts bei Montélimar und soll bis Ende 1958 in Betrieb genommen werden.

Mehrere Gründe waren es, die die C.N.R. bewogen, nach der Fertigstellung von Génissiat ihre Tätigkeit auf diesem Flußabschnitt zu konzentrieren. Die untere Rhône, die auf der 270 km langen Strecke zwischen Lyon und Beaucaire ein durchschnittliches Gefälle von 0,6 m/km aufweist, durchfließt in ihrem mittleren Abschnitt, zwischen Valence und Mondragon, mehrere Engstellen und bietet der Schifffahrt durch ein schmales und unregelmäßiges Fahrwasser mit zahlreichen Untiefen große Schwierigkeiten. Das Gefälle erreicht auf dieser rund 100 km langen Strecke zwischen den Mündungen von Isère und Ardèche 0,75 m/km, gegenüber 0,5 m oberhalb und 0,4 m unterhalb dieses Flußabschnittes; man kann hier also von einem Hand-in-Hand-Gehen der energiewirtschaftlichen Interessen mit den Verbesserungswünschen der Schifffahrt sprechen.

Von weiterer Bedeutung ist auch, daß der mittlere Abfluß der

Rhône nach Einmündung der Isère immerhin schon $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ erreicht, gegenüber 350 m^3 bei Génissiat, 600 m^3 oberhalb von Lyon und 1100 m^3 unterhalb der Mündung der Saône. Das Einzugsgebiet der Rhône beträgt bei Donzère-Mondragon rund 70.000 km^2 und läßt sich den Niederschlagscharakteristiken nach in mehrere Regionen aufgliedern, wobei es sich zeigt, daß die ausgesprochen alpinen Gebiete flächenmäßig nur mit einem Viertel

beteiligt sind ¹⁾:

Gebiete mit alpinem Charakter	24 %
Jura	12 %
Dauphiné-Ebene	10 %
Saône-Becken (Flachland)	41 %
Rückseite des Zentralmassivs	7 %
Vercors-Massiv	6 %
Z u s a m m e n	100 %

Auf den großen Anteil der Winterregengebiete ist es zurückzuführen, daß die Abflußsumme der Monate Oktober-März fast der des restlichen Halbjahres entspricht ($1600 \text{ m}^3/\text{s}$ zu $1670 \text{ m}^3/\text{s}$ mittlerer Fließe). Hinzu kommt noch die ausgleichende Wirkung des Genfer Sees (582 km^2) und der Seen von Annecy und Bourget (zus. 70 km^2), die auch unterhalb von Lyon noch spürbar ist. Von größter Bedeutung für die Regulierung ist auf jeden Fall das Becken der Saône, das infolge durchlässigen Untergrundes und der dadurch möglichen Speicherung die Niederschlagsmengen stark vergleichsmäßig

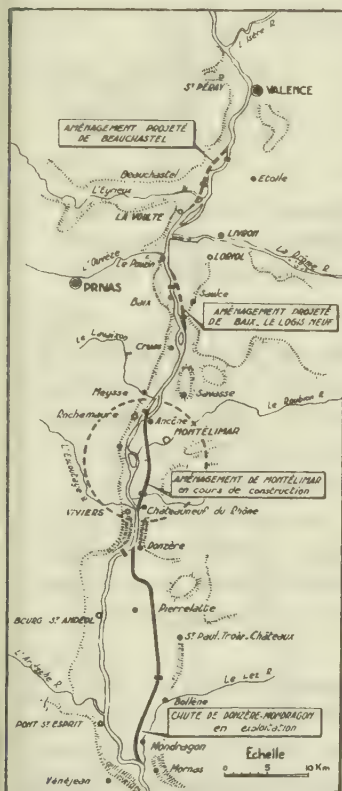


Abb. 10: Der Mehrzweckausbau am mittleren Abschnitt des Unterlaufs der Rhône

abgeben kann. Die Abflußcharakteristik der Rhône geht aus den im folgenden angegebenen Mittelwerten hervor, die das Ergebnis jahrzehntelanger Messungen und Beobachtungen bilden:

1) Hydrologische Angaben nach M. Henry/1951, op.cit. S.109 ff.

	(m ³ /s)	
Absolutes Minimum	400	
10-Tage-Niedrigwasser	560	= 8,1 ltr/s/km ²
3 Monate lang nicht überschritten	980	
5 Monate lang nicht überschritten	1400	
Mittlerer Abfluß	1625	1)=23,6 ltr/s/km ²
9 Monate lang nicht überschritten	2000	
Mittleres Jahresmaximum	2600	
10-Jahreshochwasser	6000	extrapoliert nach
100-Jahreshochwasser	8000	dem Gauß'schen Ge-
1000-Jahreshochwasser	9500	2) setz der Häufig-
		keitsverteilung
Höchster schiffbarer Abfluß	4000	

Die gewaltigen Geschiebe- und Sinkstoffmengen, die vor allem durch plötzliche Hochwasser kleinerer Nebenflüsse herangetragen werden, sind auf rund 12 Mill. m³ Schlamm und Sand sowie auf 400.000 m³ Geröll jährlich geschätzt worden.

Das Wehr-, Kanal- und Kraftwerkssystem von Donzère-Mondragon entwickelt sich in der von den Ausläufern des Zentralmassivs nach Westen begrenzten Ebene von Pierrelatte. Diese Flußebene ist 5 bis 6 km breit und erstreckt sich östlich bis an die Ausläufer der Voralpen, die sich, wie man aus geologischen Untersuchungen zu erkennen glaubt, unter der ganzen Ebene fortsetzen. So ist man unter 10 m mächtigen Anschwemmungen auf eine Felsbarre des nördlich von Bollène anstehenden Massivs gestoßen und bekam dadurch eine ausgezeichnete Fundamentierung für die Schleusen- und Werksbauten.

Die gesamte, sich über 30 km erstreckende Anlage von Donzère-Mondragon besteht im wesentlichen aus einem Flußwehr 2 km unterhalb des Durchbruchs von Donzère, der etwas oberhalb dieses Wehres befindlichen mit zwei Durchlässen versehenen Abzweigung des Werkkanals, dem eigentlichen Kanal (oberstromig 17 km, unterstromig 11 km) und den Kraft- und Schleusungsinstallationen.

Die Schaffung dieser riesigen Schiffahrts- und Stromerzeugungsanlage in den Jahren 1947 bis 1952 erforderte einen Erd-

- 1) Mittlere Fließe der Donau bei Jochenstein: 1415 m³/s.
- 2) Abfluß der Donau während des Katastrophenhochwassers am 10. Juli 1954, ebenfalls bei Jochenstein: 9600 m³/s.

aushub von 50 Mill. m³, die Verbauung von 800.000 m³ Beton und die Verwendung von 800.000 t Stahl ¹⁾. Der Arbeitereinsatz, der durchschnittlich 5000 betrug und zeitweise über 7000 Mann stieg, führte zum Bau von neun Wohnstädten mit einem Fassungsvermögen von fast 10.000 Personen. Im Zuge der Bauarbeiten mußten 2000 ha reiche Böden, etwa 100 Bauernhöfe, enteignet werden. Zur Wiederherstellung der Verkehrswege wurden 11 Brücken

über den Kanal gebaut, darunter zwei Eisenbahnbrücken und drei Überführungen für Nationalstraßen.

Das Flußwehr bei Donzère hat fünf Wehrfelder mit je 32 m und eines mit 45 m Breite ²⁾; es soll Hochwasserwellen bis zu 12.000 m³/s ohne Erhöhung des Stauspiegels abführen können. Der Werks- und Schiffahrtskanal hat, wie schon erwähnt, zwei Eingänge. Der tiefer bewältigt etwa drei Viertel der Wassermenge, während die Schiffs-einfahrt flach und breit angelegt ist, um größere Unregelmäßigkeiten in der Kanalwasserführung durch den erstgenannten Haupteinlaß zum Ausgleich kommen zu lassen.

Der für einen normalen Durchfluß von 1530 m³/s angelegte Kanal ist 10 m tief und hat bei trapezförmigem Querschnitt eine Wasserspiegelbreite von 145 m. Im Unterwasserkanal schwankt die Tiefe je nach dem Wasserstand der Rhône zwischen 10 und 18 m. Beide Kanal-

1) Der Aushub ist etwa halb so groß wie der beim Bau des Suezkanals.

2) Bei geeigneten Wasserführungsverhältnissen können auf diese Weise noch die für die Schleusen zu breiten Raddampfer den Kanal umfahren.

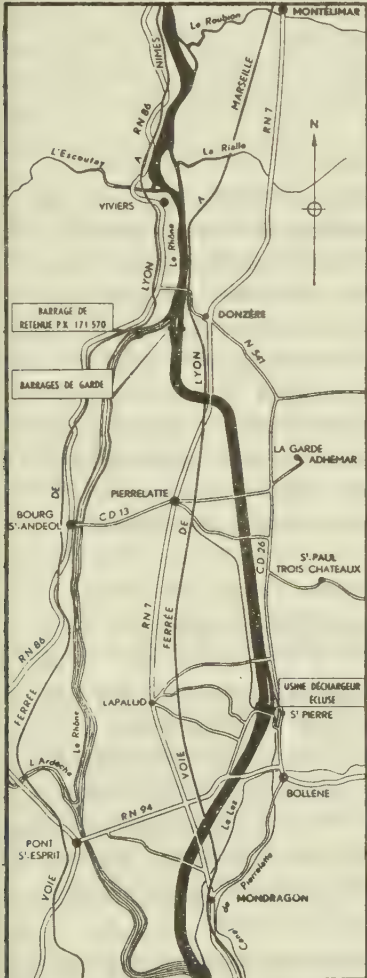


Abbildung 11: Lageplan des Schiffahrtskanal- und Kraftsystems 'Donzère-Mondragon'

abschnitte sind von kleinen 'Gegenkanälen' flankiert, die die Hebung (Unterwasser) bzw. Senkung (Oberwasser) des veränderten Grundwasserspiegels gewährleisten sollen.

Bemerkenswert ist die 195 m lange und 12 m breite Kammer-schleuse, die mit ihrer Hubhöhe von 26 m, ebenso wie mit der in ihr möglichen Hubgeschwindigkeit von 3 m/Min., einen absoluten Rekord darstellt. Dank der in der Kammersohle sinnreich angeordneten Wasserzuflüsse liegen die schleusenden Fahrzeuge, wie an einem Beispiel beobachtet werden konnte, selbst bei dieser schnellen Wasserspiegeländerung vollkommen ruhig. Das Schleusentor an der Oberwasserseite ist als Senktor, das Untertor als Hubtor ausgebildet.

Auch das Kraftwerk, das nach dem französischen Physiker André Blondel benannt wurde, stellt gewisse 'Rekorde' auf; bei seiner Fertigstellung 1952/53 war es das größte Westeuropas und stand seiner Jahreserzeugung nach an siebenter Stelle aller Kraftstufen der Welt. — Das hohe und sehr langgestreckte Krafthaus nimmt etwa die Hälfte der gesamten Länge des Kraftstufenbaus ein und beherbergt die sechs 50 MVA-Kaplan-Turbosätze, die unter einem mittleren Gefälle von 22 m arbeiten und eine Jahreserzeugung von 1,9 TWh ermöglichen. Imponierend ist der Einblick in diese Maschinenhalle, in der außer zwei großen Laufkränen kaum etwas anderes zu sehen ist, als der oberste Teil der Schirmgeneratoren und einige verkleidete Hilfsaggregate.

Zwischen dem Krafthaus und der Schleuse liegt die Entlastungsanlage, deren sechs Durchlässe bei Turbinenausfall sofort die entsprechende Abflußmenge ($255 \text{ m}^3/\text{s}$ je Turbine) durchströmen lassen, um Schwall- oder Sunkerscheinungen in den von der Schifffahrt befahrenen Kanalabschnitten zu vermeiden. Schließlich soll noch der Notverschluß für die Turbinenwasserentnahmen erwähnt werden, von dem vor allem bei Überholungen Gebrauch gemacht wird. Er wird durch eine Art gewaltigen Stahlrolladens gebildet, der, an einem fahrbaren Hubgerüst aufgehängt, eine der sechs Öffnungen in etwa drei Minuten sperren kann. Die ganze Einrichtung wiegt über 600 Tonnen.

Das zur Zeit Rhône-aufwärts in Ausführung befindliche Vorhaben von Rochemaure/Châteauneuf-du-Rhône (Montélimar) ist dem von Donzère-Mondragon nach Art und Durchführung sehr ähnlich.

Das Maximalgefälle beträgt hier allerdings nur 19 m; der Umleitungskanal ist halb so lang wie im Falle von Donzère und erfordert lediglich den Bau von drei Straßenbrücken. Um die Zeiten guter Wasserführung besser nutzen zu können, ist ein erhöhter Kanalabfluß von $1850 \text{ m}^3/\text{s}$ vorgesehen. Dementsprechend verändern sich einige Maße des Kanals, der auch hier eine mittlere Fließgeschwindigkeit von höchstens $1,3 \text{ m/s}$ gewährleisten wird. Die sechs Maschinensätze von zusammen wieder 300 MVA werden ein jährliches Arbeitsvermögen von rund $1,6 \text{ TWh}$ erlauben, was fast genau demjenigen von Génissiat entspricht. Vereinfacht wird bei der Stufe Montélimar die Entlastungsanlage, die, wie Modellversuche gezeigt haben, mit einer Kapazität von $800 \text{ m}^3/\text{s}$ den Ansprüchen der Schifffahrt vollauf gerecht wird.

Es sei noch erwähnt, daß trotz verspäteten Baubeginns bei Montélimar Bauausrüstungen wieder eingesetzt werden konnten, die schon beim Nachbarvorhaben verwendet worden waren. Ähnlich wie am Rhein-Seitenkanal handelt es sich dabei vielfach um amerikanische Spezialgeräte mit hohen Stundenleistungen. — Mit dem Anlaufen des ersten Maschinensatzes im Werk Montélimar rechnet die C.N.R. noch für das Jahr 1957. Der Vollbetrieb soll 1959 erreicht werden. Die Arbeiten an der nachfolgenden Kraftstufe Baix-le-Logis-Neuf sollen 1957/58 begonnen werden; die erste Turbogruppe könnte dann gegen 1961 in Betrieb gehen. Von dem übernächsten Vorhaben Beauchastel steht noch nicht fest, ob es unter die Operationen des dritten Planes aufgenommen wird.

3. Bilanz und Zukunft des Rhône-Ausbaues

Ein wirtschaftlicher Vergleich der drei ersten Großkraftwerke der C.N.R. läßt nur angenäherte Angaben zu, da die Anlagen Génissiat, André Blondel und Montélimar sich in mehrfacher Hinsicht unterscheiden und auch nur unvollständige Unterlagen zur Verfügung stehen.

Der Bau des Werkes Génissiat dauerte infolge von Krieg, Zerstörungen, Materialmangel und Währungsverfall außerordentlich lange, nämlich 12 Jahre. Hingegen boten das starke Gefälle und die tiefen unbesiedelten Schluchten der oberen Rhône außerordentliche Vorteile. So ist es nicht erstaunlich, daß die Selbst-

kosten jeder abgegebenen Kilowattstunde bei dieser Anlage, die nur energiewirtschaftlichen Zwecken dient, unter 1,8 frs liegen. Wenn die Qualität der in Génissiat erzeugten Energie berücksichtigt wird, kann kein Zweifel daran bestehen, daß dieses Werk rentabilitätsmäßig weitaus an der Spitze steht und auch einen Vergleich mit anderen französischen Anlagen aushält ¹⁾. Allerdings handelt es sich dabei um einen Sonderfall; denn die natürlichen Gegebenheiten lassen den Bau eines ähnlich wirtschaftlichen Werkes derselben Größenordnung nirgendwo in Frankreich als möglich erscheinen.

Im Falle von Donzère-Mondragon kann zwar von einer guten und reichlichen Wasserführung gesprochen werden; die standortmäßigen Voraussetzungen sind jedoch nicht annähernd mit denen an der oberen Rhône zu vergleichen. Umfangreiche Enteignungen und Rücksichtnahmen, ganz abgesehen von den energiefremden Bauten, die allein ein Fünftel der Bausumme ausmachten, belasten den laufenden Betrieb. Die Errichtung fand in der unmittelbaren Nachkriegszeit statt und verzögerte sich durch mannigfaltige Schwierigkeiten. Daher liegen hier die Gesamtbaukosten mit 100 Mrd. frs/1955 ziemlich hoch. Bei einem nur energiewirtschaftliche Gesichtspunkte berücksichtigenden Vergleich muß also diese Anlage ungünstig abschneiden ²⁾. Darin ist ein Tribut an die dreifache Zwecksetzung, an die ungünstigen Verhältnisse während der Bauzeit und nicht zuletzt an den zukunftsweisenden Charakter dieses Pionierbauwerkes zu sehen ³⁾. Als erste und zugleich größte Niederdruckanlage an der Rhône half es die nachfolgenden Vorhaben vorbereiten und weist außerdem für Frankreich eine nicht zu unterschätzende psychologische Bedeutung auf.

Montélimar stellt auf dem mit Donzère-Mondragon begonnenen Weg einen großen Schritt voran dar. Auch sind hier die natürlichen und technischen Bedingungen als günstiger zu bezeichnen; finanziell ist der planmäßige Ablauf der Arbeiten gesichert. Man rechnet mit 45 Mrd. frs Bauaufwand und kWh-Kosten unter 3 frs, was bei Berücksichtigung der mehrfachen Zwecksetzung als nicht ungünstig anzusehen ist ⁴⁾.

1) Gesamtinvestition rd 40 Mrd.frs . 2) kWh-Kosten: ca 4 frs .

3) Erst die mehrfache Funktion rechtfertigt die hohe Investition

4) Baukosten des Donau-Kraftwerkes Jochenstein: 270 Mill. DM' .

Schon bis heute hat der Ausbau der Rhône durch die C.N.R. bedeutende Auswirkungen auf Landwirtschaft und Schifffahrt gehabt. Die letztere umgeht durch den Kanal von Donzère-Mondragon eine Flußlänge von 30 km mit mehreren Engstellen und verschiedenen Untiefen, die Fließgeschwindigkeiten über 3 m/s aufwies und bei niedrigem Wasserstand nur Tauchtiefen bis zu 1,4 m zuließ; weitere Stellen dieser Art werden durch die veränderten Abflußverhältnisse beseitigt. Die Folge ist, daß heute die stärksten der französischen Kanal-Selbstfahrer schon ohne Umladung von Lyon die Rhône hinabfahren; die Bergfahrt ist von diesen Fahrzeugen jedoch nur leer zu bewältigen.

Nach Inbetriebnahme des Kanals von Montélimar wird ein Flußabschnitt von weiteren 23 km Länge umfahren, der Stromschnellen mit einem Gefälle bis zu 1,6 m/km aufweist. Damit wird dann eine Strecke von 60 km soweit ausgebaut sein, daß Strömungsgeschwindigkeiten über 1,5 m/s kaum mehr auftreten und die in diesem Gebiet gelegenen kleineren Häfen leichter angelaufen werden können. Das letzte Drittel des schwierigen Rhône-Abschnitts zwischen Mondragon und Valence wird erst nach Fertigstellung der Stufen Baix/Le-Logis-Neuf und Beauchastel für die Schifffahrt erleichtert werden. Dann wird allerdings die Rhône von ihrer Mündung bis Lyon glatt und ohne Behinderungen befahrbar sein, da die Wassertiefe überall 2,40 m überschreiten und die Fließgeschwindigkeit höchstens 2 m/s betragen wird. Bei der laufenden Erneuerung des Schiffsmaterials wird man sich auf eine Einheitsgröße von 75 m Länge und 8 m Breite festlegen und die Leistungen, die heute 1,3 PS/t erreichen, auf den wirtschaftlichen Wert von 0,7 PS/t reduzieren können.

Eine zusätzliche Verbesserung der Schifffahrtsmöglichkeiten wird die Staustufe Pierre-Bénite unmittelbar flußabwärts von Lyon ergeben, deren Bau im Rahmen des nächsten Modernisierungs- und Ausrüstungsplans vorgesehen ist. Diese Anlage, die jährlich 50 GWh erzeugen wird, soll durch ihren in das Stadtgebiet von Lyon hineinreichenden Rückstau den Wasserspiegel von Rhône und Saône auf gleiche Höhe bringen und auf diese Weise den nach 1938 von der C.N.R. ausgebauten Lyoner Hafen 'Edouard Herriot' auch der oberstromigen Schifffahrt (Saône, Canal du Centre u.a.) leichter zugänglich machen.

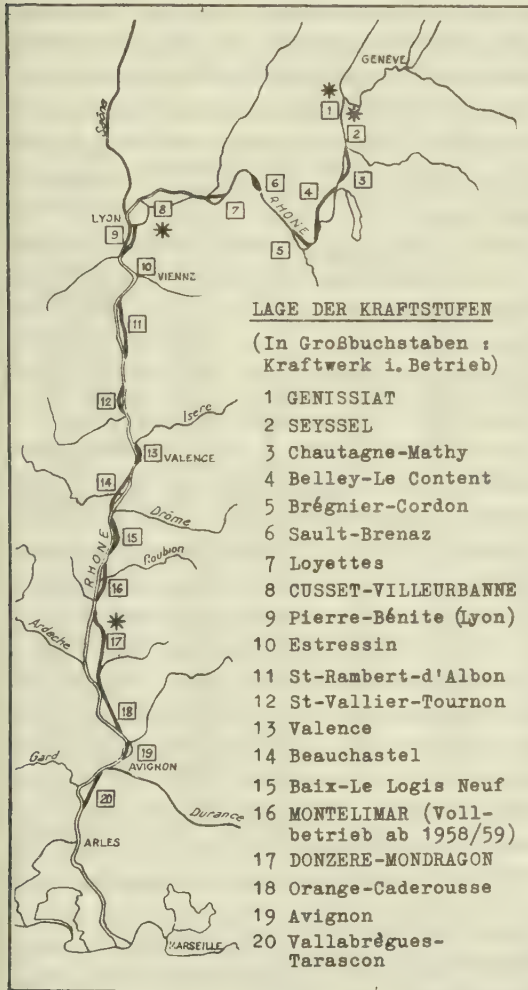
Nicht in jeder Hinsicht erfolgreich scheinen bis in die letzte Zeit hinein die Bemühungen auf dem bewässerungstechnischen und landwirtschaftlichen Sektor gewesen zu sein. Aus verschiedenen Äußerungen ¹⁾ läßt sich entnehmen, daß die 'Gegenkanäle' die an sie gestellten Erwartungen nicht erfüllt haben. Das Gebiet oberhalb der Kraftstufe von Bollène ist eines der feuchtesten der Gegend geworden, während unterhalb des Werkes der Grundwasserspiegel um mehr als 10 m gesunken sein soll. Die C.N.R. ist bemüht, Abhilfe zu schaffen. Dabei wird sich herausstellen, welche Verfahren den gestellten Anforderungen genügen und daher bei weiteren Bauten zur Anwendung kommen können.

Pläne, die die künstliche Bewässerung weiter Gebiete an der untersten Rhône und im Languedoc vorsahen, scheinen ihrer Verwirklichung inzwischen nähergekommen zu sein. 1955 erfolgte die Gründung der gemischtwirtschaftlichen Gesellschaft 'Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas-Rhône et du Languedoc', die die am Rhône-Lauf der C.N.R. selbst zufallenden Aufgaben in den weiten Ebenen der angrenzenden Departements Gard und Hérault fortsetzt, jedoch darüber hinaus größere wirtschaftliche und agrarische Strukturveränderungen einleiten soll. So handelt es sich vorwiegend darum, der in diesen Gebieten entstandenen Überproduktion billiger Konsumweine durch Abschaffung der vorherrschenden Monokulturen entgegenzutreten. Dabei soll mit Hilfe künstlicher Bewässerung ein umfangreiches Anbauprogramm durchgeführt werden, das sich in harmonischer Weise mit ebenfalls neu anzusiedelnden Industrie- und Gewerbebezügen ergänzt. Zu diesem Zweck wird ein fast 250 km langer Hauptkanal 75 m³/s aus der Rhône unterhalb von Beaucaire entnehmen und diese Wassermenge über Pump- und Hebewerke den zu bewässernden Flächen zuführen. Die eigentliche Rolle der C.N.R. besteht darin, die hierfür nötigen Energiemengen zu den günstigen Bedingungen, die seinerzeit im Konzessionslastenheft von Donzère-Mondragon festgelegt worden waren, zur Verfügung zu stellen. — Zur Zeit beschränkt sich die tatsächliche Förderung der Landwirtschaft durch die C.N.R. nur auf begrenzte billige Stromlieferungen oder entsprechende finanzielle Rückvergütungen in dem von den Ausbaurbeiten in Mitleidenschaft gezogenen Gebiet.

1) Vgl. hierzu auch R. Dugrand, L'aménagement du Bas-Rhône, Annales de Géographie 1953, S. 370 ff.

Abbildung 12

Der Mehrzweckausbau der französischen Rhône nach der Generalplanung der damit betrauten C.N.R. (Stand 1956/1957)



Die Ergebnisse des energiewirtschaftlichen Ausbaus der Rhône lassen sich in wenigen Zahlen festhalten. Zur Zeit beträgt die Jahresarbeit aller Kraftwerke am französischen Rhône-Lauf 1) rund 4,2 TWh und erreicht damit etwa 15 % der gesamten französischen Wasserkraftdarbietung. Nach Fertigstellung der Stufe Montélimar wird der Rhône-Ausbau der 6 TWh-Grenze nahe kommen und seinen Anteil an der Produktion aller französischen Werke auf ungefähr 20 % gesteigert haben. Der geplante Vollausbau des Flusses wird dann zu etwa 35 % durchgeführt sein. Wie aus der nebenstehenden Abbildung und aus der anschließenden Übersicht hervorgeht, sind für den Endausbau neben den vorhandenen Anlagen weitere 16 Kraftstufen vorgesehen, von denen sich fünf im Projekt-

stadium befinden und elf als bauwürdig angesehen werden. Es wird deutlich, daß — von Génissiat abgesehen — die Größtkraftwerke mit einer 1 TWh übersteigenden Jahreserzeugung an dem

1) Berücksichtigung des Schweizer-französischen Grenzkraftwerkes Chancy-Pouigny mit seinem französischen Anteil von 28 %.

schon besprochenen mittleren Abschnitt der unteren Rhône liegen werden, während geringeres Gefälle oder mangelnde Abflusssmengen in den übrigen Sektoren eine Arbeitsverteilung auf etwas weniger große Anlagen bedingen. Bemerkenswert ist die Möglichkeit zum Serienbau gewisser Ausrüstungsteile für die drei oberhalb von Montélimar geplanten Kraftstufen, die auf Grund der natürlichen und technischen Umstände gegeben zu sein scheint.¹⁾

W E R K	Inst.	Jahr.-	Stau-	Roh-	Ausbau-	Inbe-
	Leistg	Arbeit	höhe	fall	wasser	trieb-
	MVA	GWh	m	m	m ³ /s	nahme
						u. ä.
Chancy-Pouigny	10	50	französ.	11	500	1924
Les Etournelles		60	Erzeug.	5,5	600	möglich
Génissiat	350	1650	331	70	600	1948/50
Seyssel	45	180	261	8	600	1952
Chautagne-Mathy	90	450	253	17	600	möglich
Belley-Le Content	75	400	232	16	600	möglich
Brégnier-Cordon	70	360	216	13,5	600	möglich
Sault-Brenaz	55	280	203	9,5	600	Projekt
Loyettes	50	220	193	8	600	möglich
Cusset-Villeurbanne	105	380	180	15	600	1897
Obere Rhône zusammen		4100		(davon 2270 GWh vollendet)		
Pierre-Bénite	100	460	161	9,5	1030	Projekt
Estressin	60	250	152	6	1200	möglich
St-Rambert d'Albon	170	750	144	17,5	1000	möglich
St-Vallier-Tournon	110	470	127	11,5	1000	möglich
Valence	190	1070	115	12,5	1800	Projekt
Beauchastel	190	1150	103	12,5	1850	Projekt
Baix-Le-Logis-Neuf	190	1150	90	13	1850	Projekt
Montélimar	300	1650	77	19	1850	1958/59
Donzère-Mondragon	300	1900	58	23,5	1530	1951/53
Orange-Caderousse	140	900	34	12,5	1530	möglich
Avignon	100	630	22	9	1800	möglich
Vallabrègues-Tarasc.	135	800	13	13	1800	möglich
Unt. Rhône zusammen		11.200		(davon 3550 GWh 1959 vollend.)		
I N S G E S A M T		15.300		(5800 GWh 1959 in Betrieb)		

Die Vollendung des Ausbaus der französischen Rhône als der größten und geschlossensten Kraftwerkstreppe Europas wird, wenn überhaupt vollständig durchgeführt, bei Zugrundelegung der derzeitigen Bauleistungen noch mindestens eine Generation in Anspruch nehmen. Den Ausbau erheblich zu beschleunigen, dürfte

1) Quellen: P. Délattre/1955 (Spez.-Lit.) u. Wasserkraftstatistik 1954 u.a.; Ergänzungen, Schätzungen, Abrundungen....

nach energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht einmal erstrebenswert sein, solange noch Großvorhaben mit höherer Rentabilität in anderen Flußgebieten möglich sind. Es darf nicht vergessen werden, daß es sich bei der an der Rhône anfallenden Energie um den oft nur schwer verwertbaren Laufkraftstrom handelt, der sich im Rahmen der Angebots- und Nachfragesituation in der Verbundwirtschaft selbst entwertet, wenn er in übergroßen Mengen zur Verfügung steht. Allerdings soll der Rhône-Ausbau in seinen Mehrzweckcharakter mehr und mehr hineinwachsen. Die mittelbaren Aus- und Fernwirkungen des Schifffahrts- und Bewässerungsausbaues werden vermutlich einmal den größeren Aktivposten im Rahmen der Volkswirtschaft darstellen, selbst wenn man davon absieht, daß in späteren Jahrzehnten eine weitergehende Entwertung gerade der Laufwasserkrafterzeugung durch die Fortschritte auf dem Gebiet der Kernenergie zu erwarten ist.

In diesem Zusammenhang sei nur angedeutet, daß nach weiterem Ausbau — vor allem der oberen Rhône — zahlreiche Kraftwerke im Schwellbetrieb eingesetzt werden können, wenn die Speicherreserven von Génissiat, Seyssel und Sault-Brenaz zu einer entsprechenden Steuerung herangezogen werden. Eine gewisse Anpassung der oberhalb von Lyon vorzunehmenden Erzeugung an die Verbrauchsanforderungen müßte auf diese Weise möglich sein. Allerdings ist vorläufig nicht damit zu rechnen, daß der Genfer See, dessen gewaltiges Speichervolumen im Rahmen des Kraftwerksbetriebs der Stadt Genf zu einem Bruchteil ($350 \text{ Mill. m}^3 = 60 \text{ cm}$ Wasserspiegeldifferenz) genutzt wird, den französischen Wünschen entsprechend zur Regulierung der Rhône-Wasserführung herangezogen werden kann, da selbst einem begrenzten und Gesichtspunkte der Ästhetik und des Landschaftsschutzes berücksichtigendem Speicherbetrieb interkantonale Vereinbarungen entgegenstehen.

Interessant ist, daß man bei der C.N.R. daran denkt, sogar aus den Staubecken der unteren Rhône-Kraftwerke, also klassischer Laufkraftanlagen, Volumen von 3 bis 4 Mill. m^3 für das Ausfahren von Leistungsspitzen einzusetzen, wobei die Schifffahrt nicht beeinträchtigt werden soll ¹⁾; man hält tägliche mehrstündige Leistungsspitzen von etwa 50 MW pro Werk für möglich, wenn die Ausbauwassermenge um 15 % unterschritten wird.

1) Vgl. hierzu M. Henry/1955, S. 799 ff. (Spezialliteratur).

4. Der Ausbau des 'Grand Canal d'Alsace'

Deutschland, seit 1870 Besitzer beider Rheinufer, legte der zentralen Rheinkommission 1906 ein Projekt für einen Seitenkanal zwischen Kembs und Straßburg vor, dem die Kommission ihre Zustimmung unter verschiedenen Bedingungen gab, die vor allem die freien internationalen Schifffahrtsrechte und Instandhaltungsverpflichtungen der Länder Baden und Elsaß-Lothringen betrafen. Die Durchführung des Vorhabens wurde durch den ersten Weltkrieg vereitelt. Im Jahre 1918 folgte ein Notenwechsel zwischen der kaiserlichen und der schweizerischen Regierung, in dem Deutschland seine Absicht, eine vollständige Energienutzung und Schifffahrtsregulierung zwischen Straßburg und dem Bodensee vorzunehmen, zu erkennen gab ¹⁾.

Durch den Ausgang des Krieges änderte sich die Situation grundlegend. Elsaß-Lothringen fiel zurück an Frankreich, und der Vertrag von Versailles sprach in seinem Artikel 358 Frankreich das Recht auf den Bau des Rhein-Seitenkanals auf seiner Uferseite zu. Die Schweiz erkannte die im Versailler Vertrag vorgesehene Regelung unter der von französischer Seite gegebenen Zusicherung an, daß als Maßstab für die Schiffbarkeit des Seitenkanals die Verhältnisse zugrunde gelegt würden, die durch eine weitere Regulierung des Flußbetts zwischen Basel und Straßburg entstanden wären, und daß die freie und unbehinderte Fortführung der internationalen Schifffahrt im Seitenkanal in der gleichen Weise wie auf dem Rhein selbst gewährleistet werden sollte.

Die Rheinkommission stimmte dem nun ausgearbeiteten Projekt mit acht Kanalabschnitten zwischen Basel und Straßburg im Jahre 1922 zu. Anfang 1925 erhielt die 'Société des Forces Motrices du Haut-Rhin' von schweizerischer Seite die Konzession für die Rheinstrecke zwischen der Birs-Einmündung und der Landesgrenze. Die französische Konzession für den ersten Kanalabschnitt bis Kembs wurde im Jahre 1927 erteilt.

1928 begann die Verwirklichung des 'Grand Canal d'Alsace' mit dem Bau des Kraftwerkes Kembs und des ersten Kanalabschnitt-

1) Geschichtliche Angaben teilweise nach R. Lefoulon, op.cit. S. 21 ff; vgl. hierzu das Verzeichnis der Spezialliteratur.

tes, der 5 km nördlich der Schweizer Grenze beginnt und bis zur Kraftstufe eine Länge von 7 km hat. Seine Sohlenbreite beträgt 80 m, seine Spiegelbreite 150 m und die normale Wassertiefe 12 m. Das Kraftwerk wurde 1930 für einen Abfluß von 850 m³/s bei einer Fließgeschwindigkeit von 0,7 m/s ausgelegt und sollte sechs Maschinensätze erhalten, von denen jedoch nur fünf montiert wurden. Die Fertigstellung der Anlagen fiel in das Jahr 1932, das durch das krisenbedingte Sinken des Stromverbrauches gekennzeichnet war; so kam es auch, daß die nutzbare Stromabgabe bis 1936 nur bei rund 500 GWh pro Jahr lag, während das jährliche Regelarbeitsvermögen 800 GWh überschritt. Diese ungünstige Bilanz führte zum Aufschub der Arbeiten für die zweite Kraftstufe, obwohl Material und Arbeitsgeräte an Ort und Stelle zur Verfügung standen.

Das Werk Kembs erlitt 1940 nur leichtere Kriegsschäden, die während der Besatzungszeit wieder repariert werden konnten. Gegen Ende des Krieges wurde es noch einmal, jedoch schwerer in Mitleidenschaft gezogen; es erreichte seine volle Leistungsfähigkeit erst wieder 1948/49 mit modernisierten Anlagen, die im Austausch gegen spätere Stromlieferungen aus der Schweiz bezogen worden waren ¹⁾.

Die Ausbauwassermenge des Kanals und des Werkes ist heute, wie auch für alle weiteren Anlagen, 1160 m³/s bei einer höchsten Fließgeschwindigkeit von 1,2 m/s. Der Elektrizitätserzeugung dienen fünf nicht regulierbare Propellerturbinen mit je 27 MW und eine Kaplan-Turbine mit 30 MW, die je einen Generator mit 31 MVA antreiben. Bei der installierten Leistung von 186 MVA beträgt die höchste Stundenleistung jedoch nur 130 MW, da der Maximalabfluß auf 1160 m³/s begrenzt ist. Das Kraftwerk wird auf folgende, gegen Ende der zwanziger Jahre häufig angewandte Weise betrieben: die Propellerturbinen werden entsprechend der Wasserführung des Kanals eingesetzt und laufen unter ihrem optimalen Wirkungsgrad. Der jeweils verbleibende Abflußüberschuß wird von der regelbaren Kaplan-Turbine abgearbeitet. Das jährliche Regelarbeitsvermögen der Anlage Kembs liegt seit der Inbetriebnahme des Werkes Ottmaishaus bei knapp 850 GWh.

1) Der 20%-Anteil der Schweiz an der Erzeugung von Kembs wird von Frankreich zurückgekauft; die Zugrundelegung von Stromlieferungen dürfte aus Geldwertüberlegungen entsprungen sein.

Zur tageszeitlichen Anpassung der Erzeugung von Kembs an die Verbrauchsanforderungen wurde 70 km entfernt in den Hoch-Vogesen, westlich von Colmar, das Pumpspeicherwerk Lac Noir ausgebaut und 1933 in Betrieb genommen. Man hatte durch Aufstau zwei Becken von je 2,1 Mill. m³ mit einer Höhendifferenz von 125 m geschaffen. Das untere Becken, der Schwarzsee, hat einen natürlichen Zufluß im Schwarzbach. Das Kraftwerk ist für eine Turbinenwassermenge von 100 m³/s ausgelegt und erlaubt mit seiner Pumpleistung von 66 MW und einer Darbietung von 90 MW eine nicht zu unterschätzende Umwandlung von Schwachlastenergie in Spitzenstrom. Der Wirkungsgrad beträgt allerdings nur ca. 50 %, wie aus den Betriebsdaten der letzten Jahre entnommen werden muß.¹⁾ Die Pumpspeicherung mit ihrem auch in modernen Anlagen kaum über 70 % liegenden Wirkungsgrad hat ganz allgemein in Frankreich an Bedeutung verloren, seitdem die nationale Verbundwirtschaft in so vollkommenem Maße durchgeführt wird. Immerhin ist es nicht unmöglich, daß nach dem Bau weiterer Rhein-Kraftwerke das Kurzzeitspeicherwerk am Lac Noir wieder besser ausgelastet wird.

Nach dem letzten Krieg begann man sich mit dem Weiterbau des Rhein-Seitenkanals zu beschäftigen. Ein Gesetz vom 19. Februar 1950 legte die Durchführung in die Hände der E.D.F., der damit auch die 1948 begonnene Baustelle Ottmarsheim übergeben wurde. Das Werk Ottmarsheim und der zugehörige Kanalabschnitt mit einer Länge von 14,5 km wurden 1952/53 vollendet. Der Kanal, der mit 140 m Spiegelbreite und 9 m Tiefe ähnliche Abmessungen wie der von Kembs besitzt, hat ein Gefälle von 0,05 m/km. Er teilt sich 1 km oberhalb des Kraftwerkes in den Schiffahrts- und in den Werkskanal. Der Unterwasserkanal mündete noch 1955 in den Rhein, bis er 1956 direkt an den unterhalb des Werkes beginnenden Kanal der Stufe Fessenheim angeschlossen wurde.

Die beiden Kammerschleusen sind 185 m lang, bei einer Hubhöhe von fast 20 m; ihre Breite beträgt 23 und 12 m. Bemerkenswert sind auch hier die durch besondere sohlenseitige Wasseröffnungen erreichten Schleusungszeiten, die zwischen 8 und 15 Minuten liegen ²⁾. Die Wasserspiegeländerung geht in etwa

1) 35 GWh zu 70 GWh; noch 1950 wurde dieses einzige große Nur-Pumpspeicherwerk Frankreichs doppelt so stark ausgelastet.

2) Besichtigung der Anlagen im Oktober 1955.

5 Minuten vor sich, wobei die Schiffe an schwimmenden, in die Wände der Schleusenkammern eingelassenen Pollern vertäut werden. Die Schleusentore sind oberstromig als Schwenktore ausgebildet, während auf der Unterstromseite Senktore mit Gegengewichten angebracht sind; ihre Öffnungs- und Schließzeiten liegen zwischen 1 und 3 Minuten.

Das Kraftwerk arbeitet unter einer mittleren Nutzfallhöhe von 16 m und enthält vier Kaplan-Maschinensätze von je 39 MVA, die 290 m³/s schlucken und zusammen eine Jahreserzeugung von 960 GWh erreichen; es kann hinsichtlich seiner jährlichen Darbietung mit der größten deutschen Anlage, dem Grenzkraftwerk Jochenstein/Donau (940 GWh) verglichen werden.

Wie schon bei den Rhône-Werken ermöglicht auch im Falle Ottmarsheim eine durch das Krafthaus selbst geführte Entlastungsvorrichtung in außerordentlich kurzer Zeit die im Interesse der Schifffahrt und weiterer Kraftwerke erforderliche Aufrechterhaltung der normalen Abflußmenge beim Ausfall eines oder mehrerer Maschinensätze.

Das Kraftwerk Fessenheim, das als nächste Kraftstufe am Rhein-Seitenkanal 1956/57 in Betrieb genommen wird, ist seinen Abmessungen und technischen Einzelheiten nach dem Werk Ottmarsheim sehr ähnlich. Deshalb soll von einer Beschreibung hier abgesehen werden. Es sei jedoch angemerkt, daß der Baubeginn bei dieser Stufe bis in das Jahr 1953 hinein verzögert wurde, da die finanziellen Mittel vorher nicht bereitgestanden hatten. So waren hier ähnliche Schwierigkeiten, Leerlauferscheinungen und Verteuerungen gegeben, wie sie ein Jahr früher durch mangelnde Synchronisierung der beiden Vorhaben Donzère-Mondragon und Montélimar an der Rhône entstanden waren.

Die Baudurchführung der Kanalstücke selbst ist weitgehend mechanisiert und kann durchaus mit amerikanischen Maßstäben gemessen werden. So fallen bei der Besichtigung der Baustellen vor allem die gewaltigen Greiferbagger amerikanischer Bauart auf, die elektrisch betrieben und auf einer sinnreich konstruierten Raupenanordnung bewegt werden. Bei einer Ausladung, die sich bis zu 60 m verändern läßt, greifen diese Riesen 7 bis 10 m³ Erdreich, was einem Gewicht von 30 bis 40 Tonnen entspricht. Diese Maschinen werden in erster Linie beim Kanalbau eingesetzt;

daneben arbeiten zahlreiche Aushub-, Transport- und Planiergeräte, die näher zu beschreiben nicht Aufgabe dieser Ausführungen sein kann. — Beachtlich sind die maschinellen Einrichtungen, die der Glättung, der Festigung und schließlich der Verkleidung der Kanalinnenseiten dienen ¹⁾, wobei die Betonierung des Kanals auf das Äußerste mechanisiert ist. Elektro-Schweißautomaten stellen das Drahtgeflecht her; selbsttätige Gießmaschinen, Schüttel- und Abbindevorrichtungen liefern die Platten, die dann sofort an Ort und Stelle verlegt werden.

Ein Bild von der Größenordnung der Arbeiten am Rhein-Seitenkanal verschaffen die folgenden Angaben, die sich auf jeweils einen Kanalabschnitt mit dem zugehörigen Kraftwerk beziehen:

Erdaushub	ca. 20 Mill. m ³
Betonverwendung	ca. 700.000 m ³
(davon für Kanaldichtung:	ca. 250.000 m ³)
durchschnittlicher Arbeiterstand	ca. 2500 bis 3500 Mann

Inzwischen sind die Arbeiten an der vierten Stufe Vogelgrün, bei Neubreisach, beschleunigt angelaufen, um diese Anlage noch in der bisher geplanten Weise fertigstellen zu können. Das Werk Vogelgrün wird, wie auch die stromabwärts geplanten Anlagen, ein jährliches Arbeitsvermögen von etwa 700 GWh besitzen, bei einem Gefälle von 12 m.²⁾

Es ist nun damit zu rechnen, daß gegen Auslaufen des zweiten Modernisierungs- und Ausrüstungsplanes in den Jahren 1960 und 1961 der Rhein zwischen Basel und Straßburg zur Hälfte — an der jährlichen Stromdarbietung gemessen zu mehr als 55 % — für die französische Elektrizitätswirtschaft genutzt sein wird. Von mehr als 6 TWh, die der geplante Vollausbau auf dieser Flußstrecke erbringen soll, werden dann etwa 3,5 TWh jährlich zur Verfügung stehen und ein Zehntel der nationalen Wasserkraftdarbietung ausmachen ³⁾.

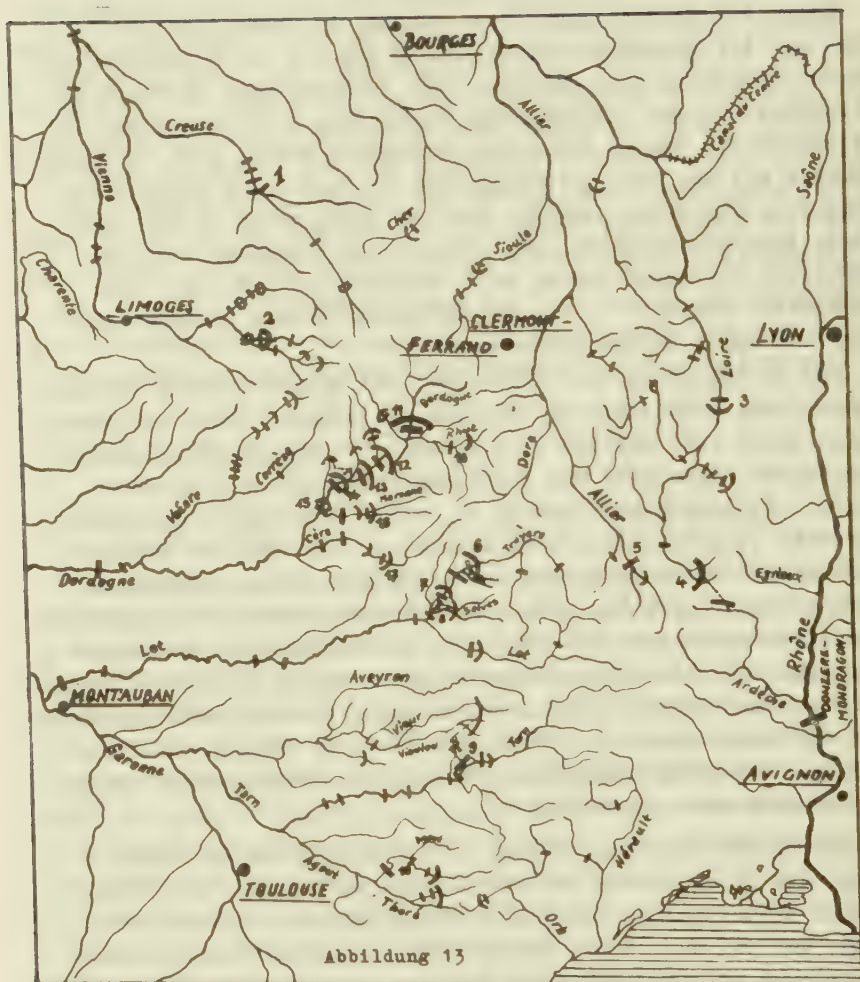
- 1) Da Sohle und Wandungen des Kanals aus Kies- und Sandanschwemmungen bestehen, müssen diese vollständig abgedichtet werden.
- 2) Das gegen Straßburg zu abnehmende Gefälle des Rheins spiegelt sich in den geringeren Fallhöhen ab Vogelgrün wider ($\varnothing=12$ m).
- 3) Diese soll mit Ablauf des zweiten Plans 34 TWh erreichen.

Wegen der nachteiligen Auswirkungen des Grand Canal d'Alsace auf die Grundwasserverhältnisse und auf die Landwirtschaft in der Oberrheinebene begannen 1954 Verhandlungen zwischen der deutschen und der französischen Regierung, jedoch ohne daß der Weiterbau des Kanals vorläufig verhindert wurde. Erst im Zusammenhang mit den 1956 geführten Saar-Verhandlungen konnte dann endgültig festgelegt werden, daß der Kanal nicht in der bisherigen Form fortzuführen ist, sondern daß sinngemäß nach dem Grundsatz verfahren werden soll, daß die Rhein-Energie zwar Frankreich zusteht ¹⁾, das Wasser jedoch beiden Ländern anteilig, und daher in das Flußbett gehört.

Der in Luxemburg am 27. Oktober 1956 unterzeichnete Vertrag (betreffend den Ausbau des Oberrheins zwischen Basel und Straßburg) sieht vor, daß die vier unteren Kraftstufen Markolsheim, Sundhausen, Gerstheim und Straßburg in der Weise ausgeführt werden, daß der Rhein jeweils in seinem Bett bis zu dem flußaufwärts liegenden Kraftwerk aufgestaut wird und die energiewirtschaftliche Nutzung des Abflusses über einen Seitenkanal erfolgt, der durch die untere Hälfte der ursprünglich geplanten Kanalabschnitte gebildet wird. Die so entstehenden Mehrkosten gegenüber der bisherigen Generalplanung fallen zu Lasten Frankreichs; eine Gegenleistung von deutscher Seite erfolgt insofern, als die Bundesrepublik endgültig auf die im Vertrag von Versailles festgelegte Vergütung für die von Frankreich zu nutzende Rhein-Energie verzichtet ²⁾.

Mit dieser Regelung scheint eine Lösung gefunden worden zu sein, die im Interesse der betroffenen Gebiete wie der langfristigen Beeinflussung des deutsch-französischen Verhältnisses liegt und den nun einmal festgelegten energiewirtschaftlichen Ansprüchen Frankreichs ebenso wie den nicht weniger fundierten deutschen Wünschen Rechnung trägt, ohne gleichzeitig von einer der beiden Seiten Opfer zu fordern, die in keinem gesunden Verhältnis zum 'Streitwert' stehen und auf diese Weise das zukünftige Einvernehmen beider Länder erneut belasten könnten.

- 1) Die im Versailler-Vertrag für die allein Frankreich zustehende Energieerzeugung in den zu errichtenden Kraftstufen vorgesehenen Ausgleichszahlungen an Deutschland sind im Zuge der tatsächlichen Entwicklung nie zum Tragen gekommen.
- 2) Vgl. hierzu E.D.F.-Jahresbericht 1956 u.a.



Die Wasserkraftwerke im Zentralmassiv

- | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|--|
| 1 = Eguzon | 7 = Couesque | 13 = L'Aigle |
| 2 = Vassivière/
Peyrat-le-Chât. | 8 = Maury/Lardit | 14 = Le Chastang |
| 3 = Grangent | 9 = Pareloup/Alrance/
Pouget | 15 = Argentat |
| 4 = Issarlès/
Montpezat | 10 = Raviège/Carla | 16 = Enchanet/Saint-
Geniez-O-Merle |
| 5 = Monistrol | 11 = Bort-les-Orgues | 17 = Saint-Etienne-Can-
tales/Lamaçivie/
Laval-de-Cère |
| 6 = Sarrans/
Brommat | 12 = Marèges | 18 = Coindre |

V. DIE WASSERKRÄFTE DES MASSIF CENTRAL

Der erste Teil dieses Kapitels behandelt die Wasserkräfte der zum stark ausgebauten Dordogne-Becken peripher angeordneten Flußsysteme, wobei auch in Kürze auf die Werke in der nördlichen Hälfte Frankreichs eingegangen werden soll. Die so zusammengefaßten Arbeitskapazitäten belaufen sich auf fast 4,3 TWh und werden der im zweiten Teil näher beschriebenen Erzeugungsbilanz im Becken der Dordogne mit 3,2 TWh gegenübergestellt. In diesem Rahmen soll der in jeder Weise interessante, geschlossene Kraftwerk- und Speicherausbau am Oberlauf dieses Flusses in besonderem Maße berücksichtigt werden. 1)

1. Die Wasserkraftnutzung in den nördlichen und südlichen Randgebieten des Zentralmassivs

Die Werke, die im nördlichen Teil Frankreichs an mehreren kleinen Flüssen unter geringerem Gefälle arbeiten, können in vier Gruppen eingeteilt werden: Mosel, Maas, Seine/Yonne und die Küstenflüsse der Normandie und der Bretagne. Mit Ausnahme des Moselbeckens besitzen diese Wasserkraftssysteme einige im Rahmen ihrer Bedeutung nicht zu übersehende Speicherbecken, die jedoch, ebenso wie die Kraftwerke selbst, auf nationaler Ebene nicht ins Gewicht fallen. Die Jahreserzeugung in diesem großen Gebiet, das von der thermischen Produktion beherrscht wird, erreicht mit rund 200 GWh kaum ein Hundertstel der französischen Wasserkraftdarbietung. Auch die Durchführung der jetzt beschlossenen Mosel-Kanalisation wird die Lage nicht grundsätzlich ändern.

Im Zentralmassiv selbst entwässert die Vienne, neben dem Allier der wichtigste Nebenfluß der Loire, in ihrem Oberlauf, zusammen mit der Creuze und mehreren Zuflüssen, den nordwestlichen Teil des Hochgebiets der Auvergne. Die ersten Kraftwerke

.) Spezialliteratur am Schluß der Arbeit.

waren hier vor dem ersten Weltkrieg gebaut worden. Nach dem Kriege entstand die für damalige Verhältnisse riesenhafte Kraftstufe Eguzon an der Creuze mit einer Jahresarbeit von 100 GWh. Eine 60 m hohe Gewichtsstaumauer speichert 17 Mill. m³, die einen wöchentlichen Produktionsausgleich ermöglichen. Die übrigen vier Werke an der Creuze sind wesentlich kleiner und erzeugen zusammen nur 40 GWh jährlich.

Zahlreich, aber teilweise sehr klein sind die Anlagen an der Vienne und an ihren Nebenflüssen Taurion und Maulde. die vier zwischen 1930 und 1933 in Reihe erbauten Werke am Taurion erzeugen zusammen etwa 120 GWh; Niederdruckanlagen, die über den Lauf der Vienne verstreut sind, tragen mit 150 GWh zur Versorgung bei. Die einzige Gruppe mit saisonalen Speichermöglichkeiten befindet sich an der Maulde, nutzt aber auch von der oberen Vienne und anderen Zuflüssen beigeleitete Abflussmengen. Vier Talsperren, darunter die von Vassivières mit über 100 Mill. m³ Nutz-Speichervolumen, regulieren die Erzeugung des Kavernen-Kraftwerkes Peyrat-le-Château und der ihrer Vollendung entgegenstehenden Stufe Montlarron. Das nutzbare Speichervolumen entspricht immerhin mehr als vier Zehntel der Jahresarbeit der beiden Werke, die mit 150 GWh etwa ein Viertel der Gesamtproduktion an Vienne und Creuze bestreiten.

Die Loire, in ihrem mittleren und unteren Teil ein Fluß des Flachlandtyps, weist das ausgedehnteste Einzugsgebiet aller französischen Flußsysteme auf: es beträgt rund 120.000 km². Für die Wasserkraftwirtschaft ist jedoch lediglich ihr Oberlauf sowie der ihrer Nebenflüsse von einigem Interesse, da nur hier das für einen wirtschaftlich vertretbaren Ausbau nötige Mindestgefälle gegeben ist.

Im Laufe der letzten Jahrzehnte sind im Becken der Loire zehn Kraftanlagen mit zusammen 200 GWh Regelarbeitsvermögen entstanden, zu denen demnächst noch das Kurzspeicherwerk Grangent mit 105 GWh hinzukommen wird. Bei einer Betrachtung der natürlichen Gegebenheiten scheinen größere Kraftwerke im Loire-Gebiet kaum durchführbar. Es bestehen nur wenige und kleinere Projekte; eine einzige größere Anlage mit 240 GWh wird oberhalb von Roanne für möglich gehalten.

Übersicht über die Wasserkraftwerke an der Loire und an
ihren Nebenflüssen sowie im Norden Frankreichs

FLUSS	WERK	Inst. Leistg MVA	Jahr- Arbeit GWh	Ge- fälle m	Ausbau- wasser m ³ /s	Speichermög - lichkeiten und Bemerkungen	
Mosel	6 Werke	37	65	-	-	Moselkanalisie- rung im Anlaufen 5 Sp.mit zusam. 150 Mio. m ³ 4 Sp. mit zus. rd 55 Mio. m ³	
Maas	3 Werke	8	20	-	-		
Seine/ Yonne	6 Werke	49	70	-	-		
Küsten- flüsse	7 Werke	60	80	-	-		
Z u s a m m e n		235					
Vienne	7 Werke	37	150	-	-	Sp.125 Mio. m ³ Sp. 4 Mio. m ³ Projekte Sp. 20 Mio. m ³ Sp. 17 Mio. m ³ Sp. 5 Mio. m ³	
Maulde	Peyrat- le-Château	65	110	253	27		
	Montlarron	15	40	42	40		
Taurion	4 Werke	34	120	-	-		
Creuze	Eguzon	75	100	58	150		
	4 Werke	29	40	-	-		
Z u s a m m e n		560					
Loire u. kleine Nebenflüsse	10 Werke	80	210	-	-	zahlreiche Sp. mit zusammen ca. 60 Mio. m ³ noch im Bau Sp. 30 Mio. m ³ Sp. 7 Mio. m ³ Sp. 2 Mio. m ³ Projekte: Sp. zur Umleitung zum Mittelmeer Sp. 60 Mio. m ³ ; bedeut.Erweit- Projekte !	
Loire	Grangent	32	105	49	80		
Allier	8 Werke	35	95	-	-		
	Monistrol	40	90	< 63 205	33 10		
Loire- Ardèche	Montpezat	125	325	640	22		
Z u s a m m e n		825					
I N S G E S A M T über 1600							

(Quellen: Wasserkraftstatistik 1954; E.D.F.-Publikationen)

Bedingungen, die mit denen am Oberlauf der Loire vergleichbar sind, herrschen am oberen Allier, der in der westlichen und parallelen Grabensenkung von den Cevennen herab nach Norden fließt. Hier ragt unter den kleinen Werken die Anlage von Monistrol heraus, die zwei verschieden hohe Gefälle nutzt und allein fast ebensoviel wie alle anderen Werke zusammen leistet. Zu erwähnen wäre noch die planmäßig angelegte Gruppe von drei ebenfalls kleinen Werken an der Sioule, deren Ausdehnung durch einen 110 Mill. m³-Speicher projektiert ist.

Angesichts der für die Wasserkraftnutzung herkömmlicher Art herrschenden Ungunst der Verhältnisse ist man im Quellgebiet der Loire selbst auf ein originelles Projekt verfallen. Mit dem 1954 in der ersten Ausbaustufe vollendeten System von Montpezat hat man sich außer Reichweite 'klassischer Maßstäbe' begeben, indem die Cevennen-Wasserscheide, die die Trennungslinie zwischen atlantischen und Mittelmeer-Flüssen bildet, durchstoßen und auf diese Weise Abflussmengen vom Oberlauf der Loire über Ardèche und Rhône dem Mittelmeer zugeleitet wurden 1).

Kernstück dieses Systems ist die das Ursprungsgebiet der Loire bildende Hochregion südwestlich des Mont Mézenc (1750 m) auf dem Kamm der Cevennen, die mit einer mittleren Höhe von etwa 1000 m ungefähr 600 m über den tief eingeschnittenen Tälern der zur Rhône hin entwässernden Abflüsse liegt. Der auf dieser Hochfläche gelegene 110 m tiefe See von Issarlès befindet sich in einem vulkanischen Krater und dient als Hauptspeicherreserve; er wurde bei normalem Wasserstand in einer Tiefe von fast 40 m von außen her angebohrt, was eine aus geologischen Gründen äußerst schwierige Arbeit darstellte. Ein Druckstollen von 17 km Länge und 7,5 bis 9 m² Querschnitt, in den weitere Beileitungen von der Loire und von zwei kleineren, ebenfalls von unten her angebohrten Stauseen (La Palisse, Le Gage) einmünden, durchquert den Cevennen-Kamm und führt die Wasser, bis 22 m³/s, über einen fast 1,5 km langen Druckschacht dem Kavernen-Kraftwerk Montpezat an der Fontollière, einem Zufluß der Ardèche, zu.

- 1) Ein ähnliches Vorhaben wird zwischen Allier und Chassezac, einem anderen Ardèche-Nebenfluß, projektiert (340 GWh) und ist schon für den 'Dritten Plan' vorgesehen.

Auf diese Weise werden jährlich etwa 220 Mill. m³ aus einem Gebiet von 200 km² dem Abfluß des Loire-Beckens entzogen und über die Ardèche der Rhône unterhalb der Kanalumleitung von Donzère-Mondragon zugeführt. Die in den über die gebohrten

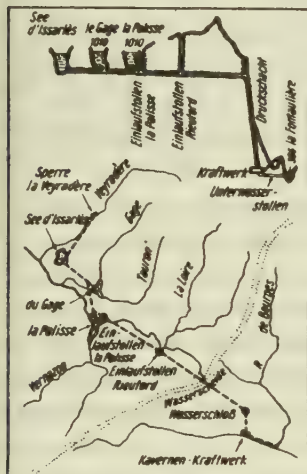


Abbildung 14

Stollen frei miteinander kommunizierenden Speicherbecken zurückgehaltene nutzbare Wassermenge (45 Mill. m³) entspricht einer Energieerzeugung von fast 60 GWh. Es soll erwähnt werden, daß die beiden künstlichen Seen, Lac du Gage und Lac de la Palisse, durch schlanke Bogenstaumauern aufgestaut werden, von denen die letztere besonders dünnchalig ist: Höhe 47 m, Länge 143 m, Sohlenstärke 3 m und Kronenstärke 1,3 m. Sie weist also "gewagte Eigenschaften auf, um dadurch, gewissermaßen als Versuchsbaue, zur Weiterentwicklung der Bogenmauertechnik beizutragen" 1).

Lageplan des Wasserkraftsystems von Montpezat

Das vollständig in den Fels eingesprengte Krafthaus des Werkes Montpezat

ist innen von ähnlicher Ausgestaltung wie das im gleichen Jahr fertiggestellte Kraftwerk Randens/Isère, enthält jedoch, den andersartigen Turbinenwasserbedingungen Rechnung tragend, zwei Pelton-Maschinensätze mit zusammen 126 MVA, die bei einer Fallhöhe von 640 m eine Jahreserzeugung von 325 GWh gewährleisten. Nach der Fertigstellung der Anlage von Montpezat im Jahre 1954 wurden Projekte für einen Weiterausbau ausgearbeitet, und zwar in der Art, daß mit Hilfe von zwei größeren Talsperren noch bedeutendere Wassermengen der Loire und dem Allier entzogen werden: für 'Montpezat C', wie diese Ausbaustufe bezeichnet wird, rechnet man mit einer gegenüber dem heutigen Werk doppelt so hohen Jahresarbeit. Ein weiteres Werk (etwa 1 TWh) soll dann das zwischen Montpezat und der Rhône vorhandene Gefälle von 70 m energiewirtschaftlich nutzen. Beide Vorhaben sind für den geplanten 'Modernisierungs- und Ausrüstungsplan' vorgesehen.

1) E.D.F., "Equipement 1954", S. 20

Im 11.500 km² großen Einzugsgebiet des Lot ragt die Energieerzeugung an der Truyère und dort besonders die der Gruppe Sarrans/Brommat heraus, die im Regeljahr über 1 TWh liegt; diese beiden vor dem Krieg entstandenen Werke galten lange Zeit als Gipfel technischer Kühnheit und sind auch heute noch in vieler Hinsicht bemerkenswert. So steht das Werk Brommat nach den großen Laufkraftwerken an fünfter Stelle aller französischen Anlagen, mit Abstand vor Malgovert, Randens und Le Chastang. Die Talsperre Sarrans ist mit 450.000 m³ Betonvolumen die mächtigste Gewichtsstaumauer Frankreichs. Sie ist 113 m hoch und schafft einen Speicher mit 220 Mill. m³ Nutzinhalt (= 265 GWh), der die Abflusssmengen aus einem Gebiet von fast 2500 km² sammelt. Das Rückgabewasser des am Fuße der Staumauer gelegenen Kraftwerkes wird in das Tal des Nebenflusses Bromme geleitet, wo es zusammen mit dessen natürlichen Wassermengen gefaßt und durch zwei schachtartig in den Fels gesprengte Druckstollen dem Kavernen-Kraftwerk Brommat zugeführt wird, das bei 260 m Gefälle bis zu 85 m³/s abarbeitet.

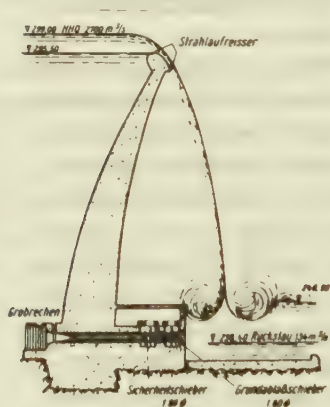


Abbildung 15

Schnitt durch die luftseitig überhängende Mauer Couesque

Schnitt durch die luftseitig überhängende Mauer Couesque
betrieb verhältnismäßig eng an den Abfluß gebunden, den das Speicherkraftsystem Sarrans/Brommat freigibt.

In anderer Hinsicht beachtenswert ist die 65 m hohe, dünne Bogenstaumauer der nächsten flußabwärts liegenden Kraftstufe Couesque aus dem Jahr 1950, die der Betonersparnis wegen luftseitig überhängend angelegt wurde und bei Hochwasser auf nahezu zwei Drittel ihrer Länge als Überlauf dient. Dabei ermöglichen zwei Betonnasen durch Aufreißen des Strahles die Belüftung des zwischen Mauer und Wasser befindlichen Raumes. Das zugehörige Kraftwerk mit einer jährlichen Darbietung von 220 GWh ist in seinem Be-

Nahe der Truyère-Mündung liegt das ebenfalls nach dem Kriege vollendete Hochdruckwerk Lardit, das die reichliche Wasserführung der vom Aubrac-Massiv herabfließenden Selves und Selvet

nutzt und von dem Speichersee Maury ($33 \text{ Mill. m}^3 = 25 \text{ GWh}$) reguliert wird. Eine weitere Kraftstufe, das Niederdruck-Laufkraftwerk Cambeyrac mit Rohrturbinensätzen, geht unmittelbar vor der Mündung der Truyère seiner Vollendung entgegen.

Neben verschiedenen Umleitungen im Quellgebiet der Truyère besteht dort ein Großspeicher- und Kraftwerkprojekt, Grandval mit 140 GWh Speicherkapazität, für den Flußlauf oberhalb von Sarrans/Brommat; mit seiner Ausführung konnte 1956 im Vorgriff auf den dritten Plan begonnen werden.

Am Lot selbst sind ausgesprochene Großkraftwerke nicht zu finden, jedoch vier Anlagen mit einer Darbietung zwischen 40 und 100 GWh, die nach dem Kriege fertiggestellt wurden und in Zukunft durch weitere Werke dieser Art ergänzt werden sollen. Verglichen mit der Produktionsballung an der Truyère (1,4 TWh) erscheint die Kraftstufenreihe am Lot unbedeutend, zumal sie kaum Speichermöglichkeiten besitzt. Im Rahmen der abflußbedingten Möglichkeiten profitieren diese Werke jedoch von der Truyère-Regulierung, die zur Zeit weiter ausgebaut wird.

Auch die Wasserkräfte des von den Cevennen gegen Westen abfließenden Tarn können sich mit dem Potential der Truyère oder gar der Dordogne nicht messen, zumal die hydrologischen Bedingungen wesentlich ungünstiger sind. Der Ausbau des Tarn wie auch der seiner Nebenflüsse hat in nennenswertem Umfang erst nach dem letzten Krieg begonnen und zu Ergebnissen geführt, die nicht übergangen werden können. Eine beherrschende Rolle nimmt hier ein 'Pump-Speicher-Kraft-System' ein, das sich zwischen dem Becken des Aveyron und dem tief eingeschnittenen Lauf des Tarn entwickelt. Im Quellgebiet der Aveyron-Zuflüsse werden größere Wassermengen gespeichert und dem am Tarn errichteten Hochdruckwerk Le Pouget zugeführt. Diese 1951 fertiggestellte Anlage nutzt das Gesamtgefälle von 540 m, das zwischen der Lévézou-Hochfläche und dem Graben des Tarn besteht, und ermöglicht eine jährliche Produktion von fast 260 GWh bei einem Speichervermögen von mehr als 200 GWh. Damit steht dieses System hinsichtlich seiner Energiereserve an dritter Stelle im Zentralmassiv, während es erzeugungsmäßig nur den siebenten Platz einnimmt.

Übersicht über die Wasserkraftwerke an Truyère, Lot und Tarn

FLUSS	WERK	Inst. Leistg MVA	Jahr.-Arbeit GWh	Ge-fälle m	Ausbau- wasser m ³ /s	Speichermög- lichkeiten und Bemerkungen
Truyère	Vergnes	12	47	145	97	Im Bau: Sp.K'w
	2 kl.Werke	5,5	16	-	-	Grandyval m.240
	Sarrans	121	221	90	150	Mio.m ³ u.140
	Brommat	197	813	261	84	GWh MJAV
	Couesque	72	215	58	132	Sp. 220 Mio.m ³
	Cambeyrac	11	32	11	110	Sp. 20 Mio.m ³
Selves	Lardit	51	107	352	15	1957 beendet
Selvet						Sp. 33 Mio.m ³
L o t	Castelnau- Lassouts	48	98	48	95	Sp. 13 Mio.m ³
	Cajaro	18	40	9	180	
	Luzech	21	58	11	195	
	Le Temple	29	88	11	295	Sp. 10 Mio.m ³
	3 kl.Werke	9	37	-	-	div.Projekte
Z u s a m m e n		1800				
Tarn	Pinet	50	107	35	150	Sp. 5 Mio.m ³
	Henri Michel	6	25	16	30	
	La Jourdanie	10	30	12	70	
	2 kl.Werke	3	14	-	-	
	Rivières	29	81	20	135	
	La Bourélie	6,5	26	6,5	135	
Aveyron	Bage	(14	-40)	100	6	Pumpbetrieb !
	Alrance	15	260 netto	77	18	4 Speicher mit
	Le Pouget	127		462	30	zus.200 Mio.m ³
	Thuriès	6	10	33	22	= 20Q GWh
Agoût	La Raviègre	21	90	134	16	teilweise noch
	Luzières					im Bau; Sp.44
	Le Carla	29	110	141	26	Mio. m ³
	Vintrou	40	67	269	16	
	Baous	15	33	133	11	Sp. 32 Mio.m ³
Orb/Hérault	4 kl. Werke	20	40	-	-	Uml.-Projekt
Z u s a m m e n		900				Agoût-Orb mit 235 GWh MJAV

Interessant sind Anlage und Betrieb dieser Gruppe, die, wie aus einer Broschüre der E.D.F. 1) hervorgeht, aus vier Stauseen, einer Pumpstation und zwei Kraftwerken besteht. Hauptspeicher

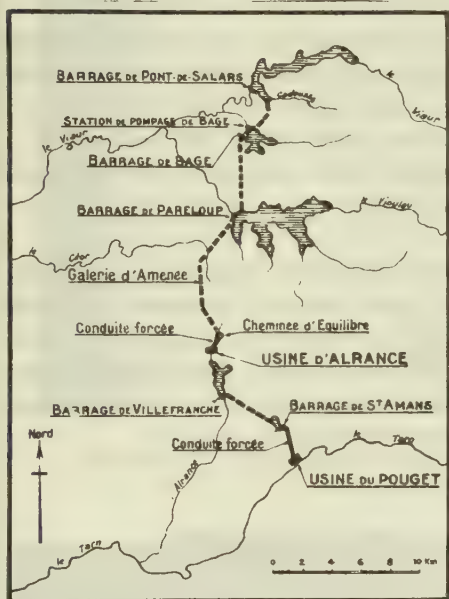


Abbildung 16

Lageplan des Speicher-Kraft-Systems Pareloup-Alrance-Pouget zwischen den Becken von Aveyron und Tarn

ist der 805 m hochgelegene Stausee Pareloup am Vioulou mit 170 Mill. m³ Nutzinhalt. Um sein Einzugsgebiet zu vergrößern, werden durch die Pumpstation Bage die Abflüsse des Viaur und des Bage, gesammelt in Stauseen, über einen Höhenunterschied von 90 m in das Reservoir Pareloup gefördert. Von dort aus durchquert ein 12 km langer Stollen die Wasserscheide zwischen den Zuflüssen des Aveyron und dem Gebiet des oberen Tarn. Die Wasser werden von dem Werk Alrance unter einem Gefälle von 75 m in das an der Alrance aufgestaute Becken Villefranche turbinert. Mit diesem kleineren Speicher von 9 Mill.m³ kommuniziert das Sammelbecken

St-Amans, von dem aus die Druckrohrleitung mit einer Maximalkapazität von 30 m³/s zu dem 450 m tiefer am Tarn gelegenen Werk Le Pouget führt. Diese Anlage, die auf die beschriebene Weise die Abflüsse aus einem Gebiet von 425 km² nutzt, arbeitet mit drei Pelton-Maschinensätzen in senkrechter Anordnung, die je 10 m³/s schlucken. Abgesehen von der Saisonspeicherung wird dieses Werk im Spitzenbetrieb gefahren und ist daher von großer Bedeutung für den Ausgleich der umliegenden Laufkraftdarbietung.

Die fünf am Tarn arbeitenden Niederdruck-Laufkraftwerke erzeugen zusammen ebensoviel wie das Pouget-System. Weitere Anlagen sind für die nähere Zukunft nicht geplant.

1) E.D.F., "Equipement 1951", S. 17

Die Erzeugungsmöglichkeiten am Agoût, dem linken Hauptnebenfluß des Tarn, befinden sich zur Zeit im Ausbau. Außer den Werken Vintrou und Baous gehen jetzt mehrere Anlagen ihrer Vollendung entgegen: der 44 Mill. m³ fassende Speichersee La Raviège, ein Maschinensatz am Fuße der Staumauer, die Modernisierung des Werkes Luzières und schließlich das größte Werk dieser Gruppe, Le Carla, das den Abfluß aus einem fast 750 km² großen Gebiet in elektrische Energie umsetzen wird. Nach dem Bau eines weiteren, schon projektierten Werkes wird die jährliche Darbietung dieses Systems (270 GWh) diejenige von Alrance/Pouget erreichen.

Schließlich soll auf ein größeres Projekt hingewiesen werden, das — ähnlich Montpezat — die Umleitung von ursprünglich zum Atlantik abfließenden Wassermengen des Agoût zu einem im Mittelmeerbereich gelegenen Kraftwerk am Orb mit 200 GWh Jahreserzeugung vorsieht. Am Orb und am Hérault arbeiten heute vier kleine Anlagen, deren Darbietung lokalen Bedürfnissen dient.

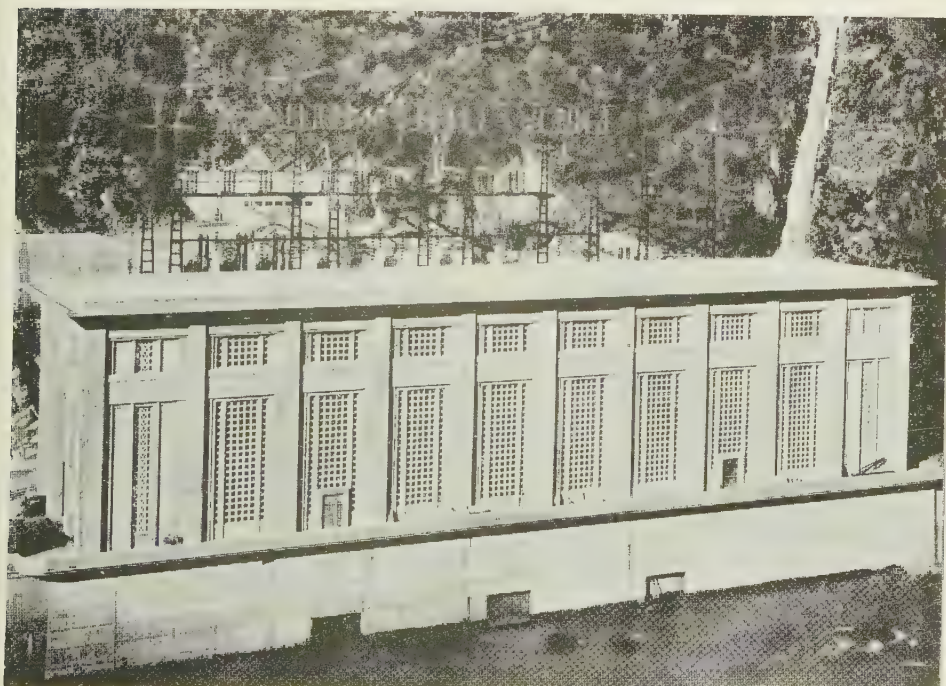
2. Der Ausbau der Dordogne und ihrer Nebenflüsse

Das Einzugsgebiet der Dordogne ist heute nach dem oberen Isère-Becken das wichtigste französische Wasserkraftsystem, zumal es neben seinen großen Produktionsanlagen auch bedeutende Speichermöglichkeiten besitzt. Die jährliche Arbeitskapazität liegt gegenwärtig bei 3 TWh und wird noch im Lauf des kommenden Jahres darüber hinaus steigen.

Charakteristisch für den Ausbau der Dordogne und ihrer Nebenflüsse ist die verhältnismäßig einheitliche Konzeption der meisten Anlagen, die durch die natürlichen Bedingungen gefördert wurde. Von den 23 Kraftwerken erzeugen, fünf kleinere Anlagen an der Vézère ausgenommen, alle mehr als 50 GWh; von diesen 18 Werken sind nur drei als Niederdruckwerke (Gefälle unter 60 m) zu bezeichnen, während die übrigen 15 Kraftstufen, die fast 90 % der Dordogne-Erzeugung bestreiten, unter Fallhöhen zwischen 60 und 250 m arbeiten, mehr oder minder wichtige Speicherreserven besitzen und im übrigen als von der Francis-Turbinentechnik beherrscht gelten können. Die Durchschnittsdarbietung



Die luftseitig überhängende Schalenmauer COUESQUE an der Truyère
(Photo H. Baranger-Paris)



Hochdruckwerk POUGET am Lot (Photo H. Baranger-Paris)



Staumauer-Kraftwerk und Speichersee von BORT-LES-ORGUES an der Dordogne mit dem Skisprungüberlauf über dem Maschinenhaus (Photo H. Baranger-Paris)



Die Bogenstaumauer MAREGES aus der Vorkriegszeit mit dem ersten Skisprung-Hochwasserüberlauf (Photo Hochgrassl)

dieser Anlagen liegt bei 185 GWh (größtes Werk 500 GWh, kleinstes Werk 56 GWh). — Hervorgehoben sei ferner, daß gerade in diesem Gebiet die Technik der Bogenstaumauern mit Skisprung-Überlauf zuerst und am häufigsten angewandt wurde. Das Staumauer-Kraftwerk, das gleichzeitig die Nutzung des Gefälles wie auch die Schaffung von Speicherreserven ermöglicht, ist zur typischen Bauart in den tief eingeschnittenen Felstälern der Dordogne und ihrer Nebenflüsse geworden.

Einen Überblick über die Wasserkraftnutzung im Dordogne-Becken gibt die nachfolgende Zusammenstellung:

FLUSS	W E R K	Inst. Leistg MVA	Jahr.-Arbeit GWh	Ge-fälle m	Ausbau-wasser m ³ /s	Speicher-möglich-keiten
Dordogne	Bort-les-Orgues	205 30	300 >	112 60	200 40	400 M.m ³
	Maréges	156	330	75	225	35 M.m ³
	L'Aigle	187	460	82	300	160 M.m ³
	Le Chastang	270	500	71	400	110 M.m ³
	Argentat (i.Bau)	30	92	18	220	5,5 M.m ³
	Mauzac	18	66	7,5	400	(Erweit.-projekt)
	Tuilière	39	145	12,5	400	
Z u s a m m e n		1900				
Diège	Val Beneyte	36	79	130	28	7 M.m ³
Triouzoune	Neuvic	25	56	259	10	21 M.m ³
Doustre	Marcillac	37	60	230	17	31 M.m ³
Rhue	Coindre	29	100	126	25	2,2 M.m ³
Maronne	Enchanet	31	57	62	55	73 M.m ³
	St-Géniez-O-Merle	41	150	124	35	5 M.m ³
	Hautefage(i.Bau)	28	80	64	40	15 M.m ³
Cère	St-Etienne-Cant.	60	90	63	110	105 M.m ³
	Lamativie	35	200	149	27	1,5 M.m ³
	Laval-de-Cère	37	170	109	31	
Vézère	Monceaux-la-Vir.	18	60	151	13	19 M.m ³
	Treignac	34	88	146	24	7 M.m ³
	5 kl. Werke	25	76	-	-	
Z u s a m m e n		1300				
I N S G E S A M T		3200				

Von besonderer energiewirtschaftlicher Bedeutung ist der nach 1930 begonnene und jetzt im Stadium der Vollendung befindliche Ausbau des Oberlaufes der Dordogne, oberhalb der Maronne-Mündung. Die hier auf einer Länge von 130 km angelegte und ein Gefälle von 340 m nutzende Kraftwerkstreppe besteht aus fünf modernen, größeren Anlagen, die, nach Fertigstellung von Argentat, ein mittleres Jahresarbeitsvermögen von 1,7 TWh sowie nutzbare Speicherreserven besitzen werden, die etwa einem Viertel der Jahresdarbietung entsprechen.

Obwohl in Reihe gebaut und von ähnlicher Konstruktionsart, besitzen die einzelnen Anlagen an der Dordogne in energiewirtschaftlicher Hinsicht recht unterschiedliche Aufgaben, die durch ihre Lage und Reihenfolge bedingt sind und sich auch in ihrer technischen Ausstattung entsprechend äußern.

So dient das Speicherkraftwerk Bort-les-Orgues mit dem größten künstlich geschaffenen See Frankreichs in erster Linie dem jahreszeitlichen Ausgleich der Dordogne-Wasserführung und damit der Regulierung der flussabwärts vorgenommenen Stromerzeugung. Der jährliche Gesamtabfluß von 900 Mill. m³ aus einem Einzugsgebiet von rund 1000 km² füllt den nutzbaren Speicherteil fast zweimal; durch Beileitung der das Becken zwischen dem Puy-de-Sancy und dem Puy-Mary entwässernden Rhue (650 km²) kommen weitere 600 Mill. m³ hinzu, so daß im Speicher Bort mit jährlich 1500 Mill. m³ gewirtschaftet werden kann. Das Kraftwerk arbeitet in der Weise, daß der Arbeitsvorrat gegen Anfang März erschöpft ist und im Lauf der Frühjahrshochwasser wieder gefüllt wird, um dann praktisch während des ganzen Sommers bis in den November hinein unangetastet zu bleiben, wenn keine außergewöhnliche Herbsttrockenheit eintritt. Innerhalb dieser saisonalen Regulierungstätigkeit fährt das mit zwei Mammut-Maschinensätzen von je 100 MVA ausgerüstete Werk Bort tägliche Spitzenlast, die bei gleichzeitigem Betrieb der Rhue-Beileitung über 200 MW liegen kann. Die geringe jährliche Benutzungsdauer der beiden Hauptaggregate ist in diesem Zusammenhang zu beachten.

Die flussabwärts gelegenen Werke kommen in den Genuß des jahreszeitlich ausgeglichenen Abflusses, brauchen jedoch den kurzzeitigen Veränderungen im Betrieb von Bort nicht in vollem Maße zu folgen. Ihre eigenen Speicherbecken erlauben eine zum Teil

erhebliche Autonomie in der Betriebsführung (L'Aigle), von der freilich im Interesse der Verbundwirtschaft nicht den technischen Möglichkeiten entsprechend Gebrauch gemacht wird. Auch ist zu berücksichtigen, daß auf den Betrieb der Werke Marèges und L'Aigle die weiteren Zuflüsse der Dordogne mit teilweise Speicherbetrieb, Diège und Triouzone, unmittelbar einwirken; bei der Kraftstufe Le Chastang schließlich ist das Einzugsgebiet schon mehr als viermal so groß wie oberhalb von Bort. Die voluminösen Staumauern der drei mittleren Werke dienen heute in erster Linie der Ausnutzung des natürlich gegebenen Gefälles, dann erst einem gelegentlichen Kurzzeit-Speicherbetrieb. Längerfristige Produktionsverschiebungen kommen kaum in Frage.

Einen gerade im Vergleich zu Bort vollkommen gegensätzlichen Charakter hat die vor der Vollendung stehende Stufe Argentat, die mit 5,5 Mill. m³ ein verhältnismäßig kleines Becken besitzt. Diese Reserve wird die tageszeitlichen Unregelmäßigkeiten, die auf der Flußstrecke Bort - Chastang durch Speicher- und Schwellbetrieb entstehen, auszugleichen haben, um so der mittleren und unteren Dordogne einen ziemlich gleichmäßigen Abfluß zu sichern, der die Grundlage für zehn weitere Niederdruckwerke abgeben wird, die sich erst im Stadium der Vorplanung befinden.

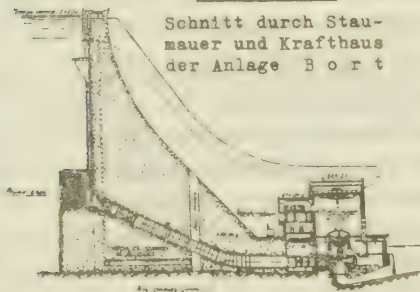
Die folgenden Ausführungen gehen in Kürze auf die einzelnen Anlagen an der Dordogne ein, die auch in technischer und ästhetischer Hinsicht als bemerkenswert gelten dürfen und daher in knapper Form beschrieben werden sollen.

Direkt oberhalb des Städtchens Bort-les-Orgues durchfließt die Dordogne einen engen Felsdurchlaß; flusßaufwärts erweitert sich das unbewohnte Tal, so daß die Voraussetzungen für einen großen Speichersee hier in idealem Maße gegeben waren. Die vorbereitenden Arbeiten hatten im Jahre 1942 begonnen, konnten aber erst nach 1945 weitergeführt werden. Der eigentliche Bau der wegen des durchlässigen und nicht allzu widerstandsfähigen Baugrundes (Gneiss und Glimmerschiefer) als kombinierte Bogen-Gewichtsmauer (Entwurf Coyne) errichteten Talsperre dauerte von 1948 bis 1951. Er gewann dadurch eine besondere Note, daß die Aufführung der Staumauer, die mit 660.000 m³ Beton das Volumen von "Tignes" noch leicht übertrifft, schließlich auf einen Wettlauf mit dem schon begonnenen Aufstau des Speichersees im

Frühjahr 1951 hinauslief. Ein solcher 'Kampf gegen das Wasser' konnte nur durchgeführt werden, weil die Außenflächen der Mauer auf beiden Seiten von Beton-Fertigteilen (1,5 m zu 2,15 m) gebildet wurden, die in einer eigenen Betonfabrik vollmechanisiert hergestellt und ebenso herangeschafft worden waren. Es wurde also ohne Holzverschalung gearbeitet und so die Mauer schrittweise durch Hintergießen der mit Zapfen versehenen Betonblöcke hochgeführt. Durch die stufenartige Bauweise an der Luftseite war es möglich, überall die gleiche Blockgröße zu verwenden.

Abbildung 17

Schnitt durch Stau-
mauer und Krafthaus
der Anlage B o r t



Die Höhe der Mauer von Bort beträgt 120 m; auf der 8 m breiten und 400 m langen Krone läuft eine Hauptverkehrsstraße. Der Skisprungsüberfall dieses architektonisch vorbildlichen Bauwerkes kann bis zu $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ abführen, die beiden Grundablässe zusätzlich noch $400 \text{ m}^3/\text{s}$. Das Krafthaus unter dem Hochwasserüberlauf enthält die beiden Rekord-Maschinensätze mit je 100 MVA, deren Francis-Turbinen unter einem Gefälle bis zu 112 m arbeiten und je $100 \text{ m}^3/\text{s}$ schlucken. Die in die Staumauer einbetonierten Druckrohre haben einen Durchmesser von mehr als 5 m. Die Jahresarbeit der Hauptmaschinensätze beträgt etwa 250 GWh.

Eine vorher in Frankreich noch nicht angewandte Technik zeigt der dritte Maschinensatz, der die durch einen 12 km langen Stollen beigeleiteten Wasser der Rhue unter Gegendruck in das Speicherbecken turbiniert. Die Spezial-Kaplanturbine arbeitet, je nach Höhe des Stauspiegels, unter einem sich entsprechend ändernden Gegendruck und unter der dadurch schwankenden Nettofallhöhe von 15 bis 60 m. Durch ein Saugrohr gelangt die abgearbeitete Turbinenwassermenge von $50 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Stauraum und ermöglicht einen Produktionszuwachs von etwa 100 GWh, für den andernfalls eine eigene Anlage an der Rhue, und zwar ein Laufwasserkraftwerk, hätte geschaffen werden müssen.

Die flussabwärts liegende Kraftstufe Maréges, ein auch für heutige Begriffe meisterhaftes Bauwerk, wurde 1935 von der Eisenbahngesellschaft 'Paris - Orléans' in Betrieb genommen und war die erste schlanke Bogenstaumauer mit Skisprungüberlauf. Ihre Höhe beträgt 90 m und der nutzbare Speichereinhalt 35 Mill. m³. Das jährliche Regelarbeitsvermögen liegt infolge des schon auf 2540 km² vergrößerten Einzugsgebietes und der mehr auf Dauerlast abgestimmten Betriebsführung höher als die von Bort.

Das Staumauerkraftwerk L'Aigle, das mit an erster Stelle im 'Programm 1938' stand, wurde sehr langsam während des Krieges erbaut und konnte 1946 in Betrieb genommen werden. Das Bauwerk, bei dem Gewichts-Bogenstaumauer, Krafthaus und Skisprung-Hochwasserüberlauf in neuartiger Form angeordnet wurden und ein organisches Ganzes bilden, wurde von A. Coyne um die Mitte der dreißiger Jahre entworfen und kann als Meisterwerk französischer Architektur und Betonbaukunst gewertet werden. Die Konzeption dieses Baues muß von den örtlichen Gegebenheiten her verstanden werden: in dem engen Tal hätte die Unterbringung eines gestreckten Krafthauses unüberwindliche Schwierigkeiten bereitet. So kam es zu der hier erstmalig durchgeführten Anordnung des Skisprungüberfalles (4000 m³/s) auf dem halbrunden

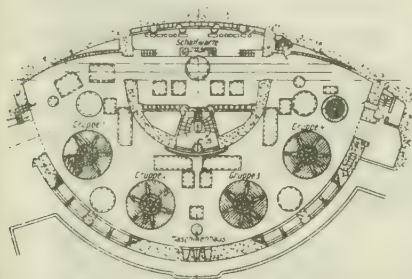


Abb. 18: Grundriß des halbrunden Maschinenhauses der Stufe L'Aigle

Die entsprechende Anordnung der Maschinensätze wird dessen gestreckte Länge auf 62 m verkürzt. Zwischen Maschinenhaus und Staumauer sind in mehreren Stockwerken alle übrigen Betriebs- und Büroräume untergebracht. Nur die Umspannstation befindet sich an der Oberseite der Mauer, auf engem Raum zwischen Stausee und Bergabhang.

Dach des Maschinenhauses. Die Überschusswassermengen werden über das Kraftwerk hinausgeschleudert und erhalten dabei eine so starke Luftanreicherung, daß nach weiteren 50 m freien Falles keine Erosionsgefahr mehr für das Flußbett besteht.

Durch die halbrunde Form des Krafthauses und die ent-

Die Mauerkrone in 95 m Höhe ist fast 300 m lang und dient einer Straße als Flußübergang; das Nutzvolumen des Speicherbeckens von 160 Mill. m³ bildet einen Arbeitsvorrat von 55 GWh. Das natürliche Einzugsgebiet beträgt 3270 km² und wird durch die Beileitung der Luzège noch um 400 km² erhöht. Vier Francis-Maschinensätze mit zusammen 300 m³/s Schluckvermögen werden im Endausbau fast 500 GWh jährlich erzeugen. Die drei unter einem Gefälle von 82 m arbeitenden Turbinen schlucken heute schon mehr als das Zweieinhalbfache der mittleren Abflußmenge (86 m³/s).

Die Baugeschichte der Anlage Chastang entspricht zeitlich etwa derjenigen von Bort; im Krieg begonnen, wurde sie erst in den Jahren 1951/52 fertiggestellt. Dank der Abflußregulierung und ihres größeren Einzugsgebietes weist sie gegenwärtig im

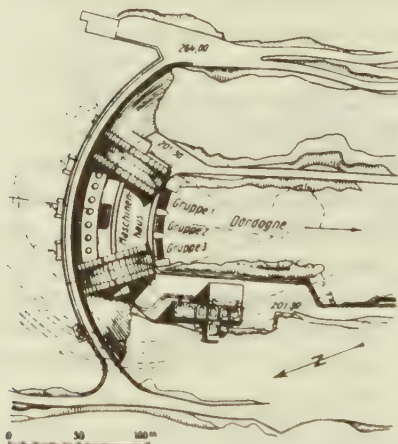


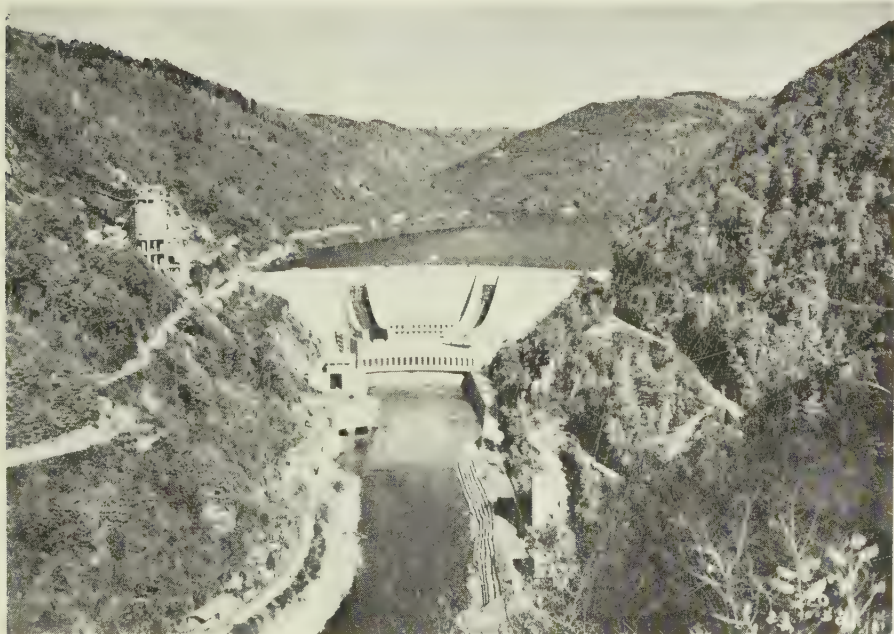
Abb.19: Grundriß der Staumauerkraftstufe Le Chastang (Dordogne)

Dordogne-Becken die größte Jahreserzeugung (500 GWh) auf. Das Bauwerk, eine ebenfalls nach den Ideen von A. Coyne entworfene Bogen-Gewichtsstaumauer, ist in Hinblick auf die hohen Anforderungen an den Skisprungüberlauf und die technischen Charakteristika der Maschinensätze mächtiger und schwerfälliger angelegt als dasjenige von L'Aigle. Abgesehen von seinen Dimensionen weist dieses Bauwerk keine Besonderheiten auf.

Von größerem Interesse ist wieder die flußabwärts gelegene Niederdruckanlage Argentat, deren Stauraum als Ausgleichsbecken dienen soll. Im Gegensatz zu den oberstromigen Werken wird sie nach Wehrpfeiler-Bauart errichtet. Bei den hydraulischen Aggregaten handelt es sich um Rohrturbinen — eine gekapselt mit 14,5 MVA, eine mit freiem Generator (16,5 MVA) —, die im praktischen Betrieb erprobt werden sollen, bevor ähnliche Maschinensätze in Gezeiten-Kraftwerken zur Anwendung kommen. Die Kraftstufe Argentat, die zur Zeit in Betrieb genommen wird, stellt bis zur Verwirklichung neuer Projekte den vorläufigen Abschluß des Dordogne-Ausbaus dar.



**Die kombinierte Bogen-Gewichtsstaumauer L'AIGLE im engen Tal der Dordogne;
das halbrunde Kraftwerk trägt die Hochwasserüberläufe (Photo Hochgrassl)**



**LE CHASTANG, das unterste der vier großen Staumauerkraftwerke an der Dordogne
(Photo H. Baranger-Paris)**



Die Bogenstaumauer von CAP-DE-LONG im Néouvielle-Massiv/Pyrenäen
(Photo H. Baranger-Paris)



Druckrohrleitung und Höchstdruck-Kraftwerk PRAGNERES im Hochtal des Gave de Pau; im Vordergrund das Einlaufbauwerk für die Kraftstufe LUZ II

Neben der Energieerzeugung an der Dordogne selbst darf die Gruppe mittelgroßer Kraftwerke nicht übersehen werden, die an den Nebenflüssen der Dordogne arbeiten und ebenfalls Speichermöglichkeiten besitzen, die, wenn auch im Einzelfall nicht allzu bedeutend, als Ganzes genommen die Darbietung dieser Werke stark beeinflussen.

Teilweise schon erwähnt wurden die vier Werke an den kleineren Zuflüssen Rhue, Diège, Triouzoune und Doustre, die zusammen fast 300 GWh erzeugen: Coindre, Val-Beneyte, Neuvic und Marcillac. Etwas größere Systeme finden wir an der Maronne und an der Cère, sowie an der Vézère.

An der Maronne wurde in den Jahren 1950/51 das Talsperrenkraftwerk Enchanet fertiggestellt, dessen Hauptaufgabe darin liegt, eine nutzbare Wassermenge von 65 Mill. m³ zurückzuhalten, um so die eigene Erzeugung, vor allem aber die Darbietung des älteren Werkes Saint-Géniez-O-Merle zu regulieren; weitere Anlagen sind oberhalb und flußabwärts von diesem System projektiert. Bautechnisch verdient Enchanet insofern Beachtung, als es sich um eine luftseitig überhängende schlanke Bogenstaumauer handelt, die dank dieser den geologischen Bedingungen angepaßten Anordnung nur 65.000 m³ Beton enthält. Die Jahresarbeit der Maronne-Werke beträgt heute etwa 210 GWh und wird nach dem Bau der 1956 begonnenen Anlage Hautefage 300 GWh erreichen.

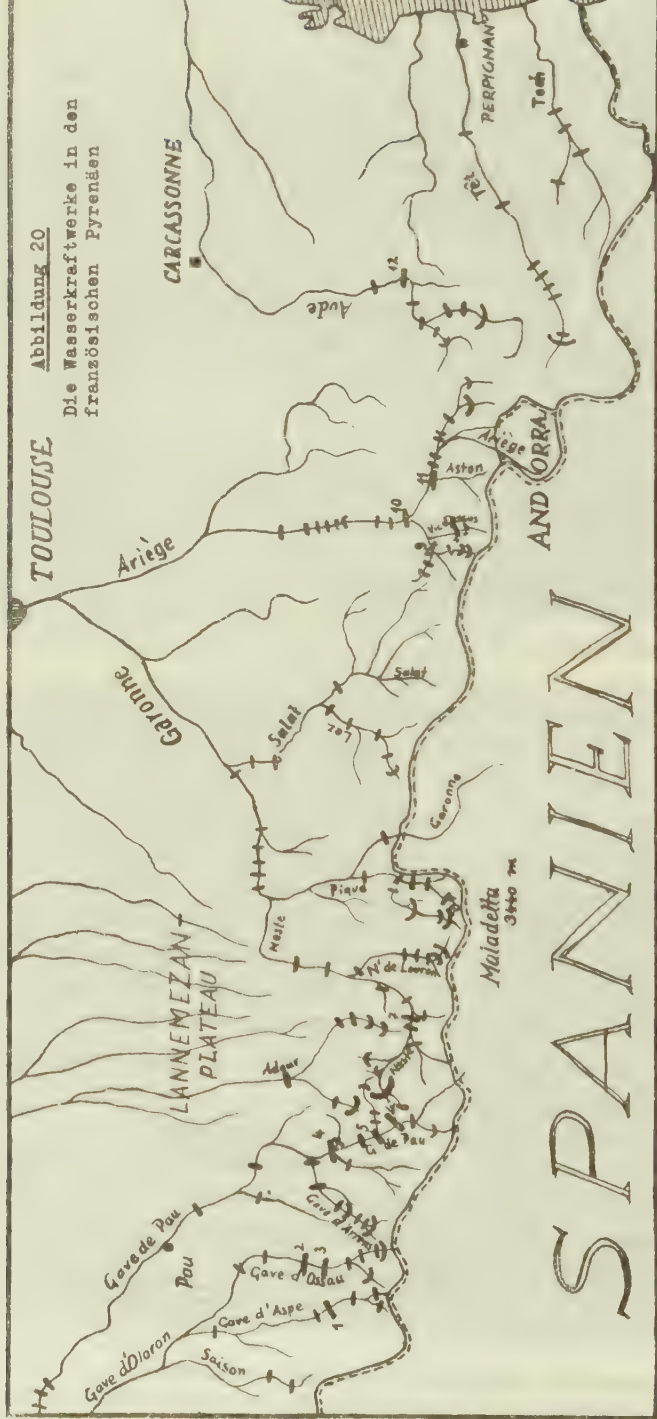
Wichtiger noch ist der Ausbau an der Cère, der ebenfalls eine moderne Kraftstufe, die von St-Etienne-Cantalès, gekrönt wird. Dieses Bauwerk, ähnlich wie L'Aigle eine kombinierte Bogen-Gewichtsstaumauer von 70 m Höhe mit Skisprungüberlauf auf dem Krafthaus, speichert etwa 80 GWh und reguliert damit eine Jahrerzeugung von 450 GWh (mit Lamativie und Laval-de-Cère).

An der Vézère schließlich finden sich zwei Speicherkraftsysteme, Monceaux-la-Virole und Vaud/Treignac mit einem mittleren Arbeitsvermögen von zusammen 150 GWh, am Oberlauf, und einige in Reihe angelegte kleinere Werke am Mittellauf, die zusammen eine Reservekapazität von 75 GWh besitzen. Das Becken der Vézère trägt mit insgesamt 225 GWh zur Elektrizitätserzeugung im Dordogne-Gebiet bei.

TOULOUSE

Abbildung 20

Die Wasserkraftwerke in den
französischen Pyrenäen



1 = Eygun-Lescun

2 = Hourat (S.N.C.F.)

3 = Miégebat (S.N.C.F.)

4 = Soulom (S.N.C.F.)

5 = Luz I und Luz II

6 = Pragnères/Cap-de-Long

7 = Eget (S.N.C.F.)

8 = Portillon

9 = Auzat

10 = Sabart

11 = Aston

12 = Nentilla

VI. DER HYDRO-ELEKTRISCHE AUSBAU DER FRANZÖSISCHEN PYRENÄEN-FLÜSSE

Das mittlere Jahresarbeitsvermögen der Pyrenäen-Kraftwerke wird gegen Ende des Jahres 1957 nahezu 5 TWh erreichen und damit 16 % des gesamten französischen Wasserkraftausbaus repräsentieren. Was sich hinter dieser Ziffer verbirgt, wird, in erster Linie zahlenmäßig, in den folgenden Ausführungen dargestellt werden. Die besonderen Merkmale des Pyrenäen-Ausbaus lassen sich jedoch nicht nur mit technischen Angaben und Zahlentabellen erklären; sie müssen auch aus den wirtschaftsgeschichtlichen, -geographischen, strategischen und natürlichen Bedingungen heraus verstanden werden, auf die deshalb in Kürze eingegangen werden soll.

Die Ausbildung der Pyrenäen-Kette — beachtliche Länge, große Höhe bei geringer Breite, das Fehlen von Längstälern — schließen nennenswerte Abflußkonzentrationen aus. Als Gegenstück dazu besitzt der steile Nordabfall des Gebirges zahlreiche hohe und höchste Gefällestufen, die leichte und schnell durchzuführende Ausbaumöglichkeiten boten. So sind die Pyrenäen zum klassischen Anwendungsbereich der Hochdrucktechnik geworden, in dem ganz allgemein die kleineren und mittleren Werke ihrer Anzahl nach überwiegen.

Von den gegenwärtig arbeitenden 110 Anlagen mit durchschnittlich 45 GWh jährlichen Arbeitsvermögens erzeugen gerade elf mehr als 100 GWh, und nur zwei Systeme nehmen einen Umfang an, der nach französischen Maßstäben zur Bezeichnung 'Großkraftwerk' berechtigen würde ¹⁾. Die elf Anlagen bestreiten immerhin rund 40 % der Gesamtproduktion in den französischen Pyrenäen, während die 55 kleinen Kraftstufen (unter 25 GWh pro Jahr) mit nur 10 % und die dazwischen liegenden 44 mittleren Werke (25 bis 100 GWh) mit 50 % beteiligt sind.

Wenn man den bemerkenswerten Erzeugungsanteil der elf großen Anlagen im Auge hat, kann man sich unschwer ausdenken, welche Konzentration ein planmäßigerer und auch modernerer Ausbau

1) P. Massé bezeichnet Anlagen mit einer Jahresarbeit zwischen 100 und 300 GWh als 'mittlere Werke' (Vortrag vom März 1954).

zur Folge gehabt haben müßte. Tatsächlich sind in der Zeit bis 1920 die meisten Bauten nach einzelwirtschaftlichen oder strategischen Gesichtspunkten entstanden. Es galt, den Eigenbedarf einer Gemeinde, eines Fabrikationsunternehmens oder eines ganzen Tales zu befriedigen oder, vor allem während des ersten Weltkrieges, eine bedeutende Stromerzeugung in diesem von Feindeinwirkungen verschonten Gebiet in kürzester Frist zu ermöglichen. In beiden Fällen wurden daher die günstigsten Stellen in der augenblicklich optimal erscheinenden Weise ausgebaut, d.h. die natürlichen Möglichkeiten konnten aus Zeit- und Kostengründen nicht bei jeder Kraftstufe voll ausgenützt werden. Im Zuge dieser Tendenzen mußte die Berücksichtigung eventueller zukünftiger Gesamtplanungen auf größerer Ebene leiden, wenn nicht ausgeschlossen werden.

Ein anderer besonderer Zug der Pyrenäen-Wasserkraftwirtschaft war und ist die weitgehende Abstimmung und Ausrichtung auf den örtlichen Verbrauch oder auf die Absatzmöglichkeiten des angrenzenden Gebietes; auf eine regionale Energiewirtschaftspolitik also, die sich aus der großen Entfernung bedeutender Industriezentren wie auch aus den nicht unbegrenzten hydroelektrischen Erzeugungsmöglichkeiten ergeben mußte. Im Gegensatz zu den Alpen, wo man schon sehr frühzeitig an die Versorgung der Industriegebiete um Lyon und Saint-Etienne heranging, oder auch zum Zentralmassiv, das etwas später in Hinblick auf den Stromverbrauch von Paris einen gewaltigen Aufschwung erlebte, diente die Pyrenäen-Erzeugung — von saisonal bedingten Austauschlieferungen über das Verbundnetz abgesehen — immer den örtlichen Anforderungen und dem Strombedarf des Vorlandes. Beispielhafte Etappen, die diese Entwicklung kennzeichnen, sind unter anderen der Kraftwerkausbau in den Ost-Pyrenäen für die lokale Versorgung ab 1900, die Elektrifizierung der Pyrenäen-Eisenbahnen durch die C.F.M., die Forcierung der stromintensiven Industrien in den Pyrenäen-Tälern während des ersten Weltkrieges und schließlich die Elektrifizierung des Pyrenäen-Vorlandes durch die UPEPO in den zwanziger Jahren. Auch heute, wo der weitergeführte Ausbau unter nationalen Gesichtspunkten steht, hat sich die Rolle des Wasserkraftstromes aus den Pyrenäen kaum gewandelt. Zwar erleichtern die verbundwirtschaftli-

chen Einrichtungen den Betrieb der Kraftwerke und die störungsfreie Versorgung erheblich; per Saldo bleibt die Energie jedoch trotz erheblichen Strom austausches 'im Lande' 1).

Schließlich soll noch einmal hervorgehoben werden, daß der Seenreichtum der Hoch-Pyrenäen zahlreiche Speicherkraftssysteme entstehen ließ, die jedoch fast ausnahmslos nur über geringere Reservekapazitäten, als sie in den Alpen oder im Massif Central teilweise vorhanden sind, verfügen. Da sich die gerade für die isoliert gelegenen Pyrenäen so wichtige Regulierung der Erzeugung durch den Aufstau der natürlichen Abflüsse allein nicht immer erzielen ließ, wurden hier mehrere Pumpspeichieranlagen ausgebaut. Soweit sie nicht im Rahmen eines umfassenden Systems wie beispielsweise Cap de Long/Pragnères oder Portillon betrieben werden, haben sie im Zuge der Entwicklung des französischen Verbundbetriebes in den letzten Jahren an Bedeutung verloren. Der Nenninhalt aller Pyrenäen-Speicher beträgt etwas mehr als 800 GWh und somit ein Sechstel der jährlichen Darbietung. Der verhältnismäßige Speicheranteil liegt höher als in den französischen Alpen, wobei allerdings zu bedenken ist, daß sich die Bilanz nach Fertigstellung von Roselend und später Serre-Ponçon wieder zugunsten der Alpen verschieben wird. In absoluten Werten sind die Reservekapazitäten des Zentralmassivs wie auch der Alpen etwa eineinhalb mal so hoch wie die der Pyrenäen.

Für die folgenden Ausführungen ist eine Einteilung nach Einzugsgebieten gewählt worden, die sich mit der üblichen geographischen Untergliederung in West-, Zentral- und Ost-Pyrenäen nicht in jedem Falle deckt. Aus rein arbeitstechnischen Gründen ist ferner der weniger umfangreiche Wasserkraftausbau der Ost-Pyrenäen in den Abschnitt über das mittlere Gebiet mit aufgenommen worden. 2)

1) Aus den Angaben in den E.D.F.-Statistiken ergibt sich, daß der Lastverteilungsbezirk 'Sud-Ouest' 1950 sogar einen geringen Einfuhrüberschuß aufwies, der jedoch inzwischen, nach Inbetriebnahme einiger peripher gelegener Wärmekraftwerke, von einem Exportsaldo abgelöst worden ist: im Jahre 1955 entsprach die Wasserkraftdarbietung quantitativ fast genau dem Verbrauch des Gebietes, während die thermische Erzeugung dem Ausfuhrüberschuß von rund 500 GWh gleichkam.

2) Spezialliteratur am Schluß der Arbeit.

1. Die Wasserkraftwerke am Gave de Pau und am Adour mit ihren Nebenflüssen

Das Gebiet der West-Pyrenäen, das in Hinblick auf den Wasserkraftausbau durch die Néouvielle-Gruppe gegen den mittleren Gebirgsteil und gegen das Einzugsbecken der Garonne abzugrenzen ist, wird durch Fluß- und Wasserkraftsysteme gekennzeichnet, die in ihrer Bedeutung von Westen nach Osten zunehmen und damit der Entwicklung der Gebirgskette selbst folgen.

Am Oberlauf der bei Bayonne in den Adour mündenden Nive besteht heute ein kleines Hochdruckwerk, dem am Unterlauf zwei noch unbedeutendere Niederdruckanlagen folgen. Am Saison, dem nächsten Abflußsystem, arbeiten zwei Werke. Alle Kraftstufen an Nive und Saison, die über keinerlei Speicherbecken verfügen, dienen den örtlichen Bedürfnissen. Sie zeichnen sich durch ihren niedrigen Ausbaugrad und die dadurch mögliche hohe Benutzungsstundenzahl (bis 7000/Jahr) aus.

Der Gave d'Aspe, ebenfalls noch ohne Gletscherzufluß und Speicherbecken, wurde ab 1921 von einer lokalen Gesellschaft planmäßig ausgebaut. Es entstanden fünf in Reihe arbeitende Werke, unter denen Eygun-Lescun mit einer Darbietung von mehr als 100 GWh herausragt. Der in der Kraftwerkette genutzte Höhenunterschied beträgt mehr als 1300 m. Infolge der beschränkten Abflußmengen erreicht die Jahresproduktion den nicht allzu hohen Wert von insgesamt rund 200 GWh.

Günstiger sind die Verhältnisse im Becken des Gave d'Ossau. Dieser Fluß wurde von der Compagnie du Midi (später S.N.C.F.) systematisch ausgebaut. Hier produzieren vier hintereinandergeschaltete und von drei Speicherseen in 2000 Höhe regulierte Hochdruckwerke, unter denen Miégebat und Hourat mit 200 und 150 GWh die bedeutendsten sind. Die abflußmäßig beherrschende Rolle fällt dem aufgestauten Bergsee Artouste zu, der 24 Mill. m³ zurückhält und von unten her angebohrt wurde. Nach Fertigstellung des dritten Reservoirs Bious entspricht das Speichervolumen einer Arbeitsmenge von fast 100 GWh. Auf Grund der im Einzugsbecken sehr reichen Niederschläge nimmt diese Energiereserve einen wichtigen Platz innerhalb der Pyrenäen ein.

jahreszeitlichen Produktionsverlagerung, wird aber auch im Rahmen des täglichen Spitzenlastbetriebes herangezogen. Nach dem Bau eines projektierten sechsten Werkes würde der Gave d'Arrens bis zu seiner Mündung in den Gave de Pau vollständig der Energiegewinnung nutzbar gemacht sein.

Die folgende Übersicht über den Wasserkraftausbau im Becken des Gave de Pau und der Adour ist, von einigen Ergänzungen abgesehen, der Wasserkraftstatistik 1954 entnommen .

FLUSS	W E R K	Inst. Leist. MVA	Jahr.- Arbeit GWh	Ge- fälle m	Ausbau- wasser m ³ /s	Speicher- möglich- keiten
G a v e s	Miguelou	22	20	780	3	Sp.16,5 M.m ³
-d'Arrens	Tucoy	13	50	240	5,5	
-d'Estaing	Arrens	30	90	355	10	Sp.1,2 M.m ³
-d'Azun	Nouaux	21	87	200	11,5	
"	Lau-Balagnas	33	90	195	12	
Gave de Pau	Gèdre	30	96	673	4,5	Sp.2,7 M.m ³
	Pragnères	210	140 netto	1250 910	14,5 9	Sp.70 M.m ³
	Luz II	32	73	236	15	
	Luz I	36	140	320	12,5	
	Pt-de-la-Reine	17	55	75	25	
	Soulom	40	195	128 265	30 3,7	
	Esterre	18	63	380	5,2	mehrere Pro- jekte, vor allem am
	8 kl.Werke	24	120	-	-	Unterlauf
Adour	3 kl.Werke	29	55	-	-	Sp.5,5 M.m ³
	Campan	35	95	420	7,5	
Z u s a m m e n			1400			

Am Mittel- und Unterlauf des Gave de Pau sind fünf Niederdruckwerke mit geringer Leistung in Betrieb; ein weiterer Ausbau derselben Art (etwa 10 Werke) ist projektiert.

Wie an vielen Pyrenäen-Flüssen waren es auch am Oberlauf des Gave de Pau die Eisenbahngesellschaften, die den Kraftwerksbau zwischen den Weltkriegen förderten und zuerst die Anlage Soulom errichteten. Heute sind hier sechs miteinander verfloch-

tene Kraftwerke mit Darbietungen zwischen 55 und 200 GWh in Betrieb, die die hydrologisch günstigen Bedingungen des Beckens weitgehend nutzen und — dank des Systems Cap-de-Long/Pragnères — eine regulierte Erzeugung von fast 800 GWh jährlich gewährleisten. Das genutzte Gesamtgefälle beträgt etwa 1700 m.

Seit den ersten Jahren dieses Jahrhunderts profitierte der energetische Ausbau des Gave de Pau von den Abflüssen der Firn- und Gletscherbecken in den über 3000 m hohen Massiven Néouvielle, Troumouze, Gavarnie und Vignemale, ohne daß es möglich gewesen wäre, die überreichlichen Frühjahrshochwasser zurückzuhalten und dann im trockenen Spätsommer oder im Winter abzubauen. Das hochgelegene Einzugsgebiet des Gave de Pau bot keine nennenswerten Möglichkeiten für den Aufstau von Seen, die den Betrieb einer für das Pyrenäen-Gebiet so wichtigen Saison-speicher- und Spitzenkraftanlage erlaubt hätten. Das direkt benachbarte Quellgebiet der Neste, eines Zuflusses der Garonne, besitzt jedoch im sehr niederschlagsreichen und mit Seen umgebenen Néouvielle-Massiv alle Voraussetzungen für den Ausbau eines größeren Speichers, ohne in dieser Höhe selbst über ein genügend ausgedehntes Einzugsgebiet zu verfügen. Die Leitidee bei der künstlichen Stauspiegelerhöhung des Bergsees von Cap-de-Long an der Neste war also, erhebliche Abflußmengen aus dem Gebiet der Gaves in dieses Nachbarbecken umzuleiten, sie hier zu speichern und nach Bedarf in den Erzeugungsanlagen am Gave de Pau zu nutzen, d.h. sie in ihr Ursprungsbecken zurückzuführen.

Dieses umfangreiche Vorhaben, zu dem auch das Großkraftwerk Pragnères gehört, wurde im Rahmen des Monnet-Planes durchgeführt und dauerte von 1947 bis in das Jahr 1954 hinein. Zahlreiche Baustellen mußten in mehr als 2000 m Höhe eingerichtet werden, was unter anderem den Bau von 18 Drahtseilbahnen und Schrägaufzügen sowie von 33 km Straßen erforderlich machte. Der Bauplatz der Staumauer von Cap-de-Long war durch eine 13,5 km lange Gebirgsstraße (bis 10 % Steigung) nur etwa 100 Tage jährlich voll zugänglich, so daß die Verbauung der 270.000 m³ Beton vier Sommer-Kampagnen nötig machte. Einige Baustellen an Überleitungsstollen, die durch Drahtseilbahnen erreichbar waren, konnten trotz ihrer großen Höhe auch während des Winters

Einen Überblick über den Ausbau von Nive, Saison, Gave d'Aspe und Gave d'Ossau verschafft folgende Aufstellung: 1)

FLUSS	WERK	Inst. Leistg MVA	Jahr.- Arbeit GWh	Ge- fälle m	Ausbau- wasser m ³ /s	Speicher- möglich- keiten
Nive	3 Werke	4,5	21	-	-	
Saison	2 Werke	11	55	-	-	
Gave d'Aspe	5 kleine Werke	14	51	-	-	
	Baralet	17	60	< 338 364	6,2 1,5	
	Eygun-Lescun	26,5	110	< 206 334	6,6 5,5	
Gave d'Ossau	Fabréges	9,5	21	110	9	Sp.6,5 M.m ³
	Pont-le-Camp	42	52	(im Bau)		
	Artouste	36	67	< 783 277	3,6 4	Sp.28 M.m ³
	Miègebat	65	200	400	19	Erweiterungen vorgesehen
	Hourat	40	150	219	23	
	2 Werke	14	52	-	-	
Z u s a m m e n			830			

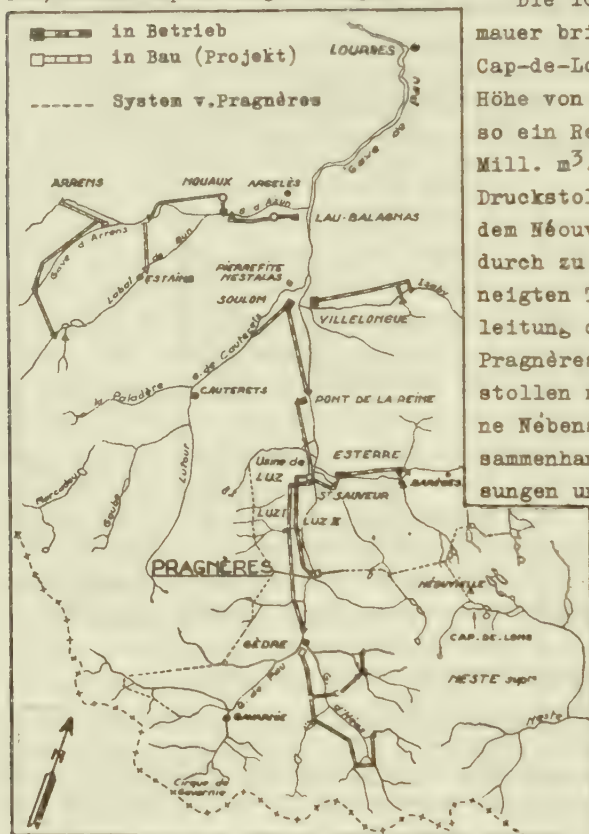
Für das Quellgebiet des Gave d'Ossau bestehen einige Kraft- und Speicherprojekte, von denen gegenwärtig die Anlage Pont-de-Camp in der Ausführung begriffen ist.

Im Becken des Gave de Pau, dessen hydroelektrischer Ausbau in mehreren Etappen entstanden ist, finden wir heute die stärkste Produktionsballung der Pyrenäen mit einer Jahreserzeugung von rund 1,4 TWh und Speicherkapazitäten, die ungefähr den dritten Teil der in den Pyrenäen vorhandenen Reserven darstellen.

Am Gave d'Arrens und an seinen Nebenflüssen wird zur Zeit ein Speicherkraftsystem vollendet, das fünf in Reihe arbeitende Hochdruckwerke mit einer Gesamtdarbietung von fast 340 GWh umfaßt. Der Speichersee von Migoilou liegt in 2280 m Höhe und enthält ein nutzbares Volumen von 16,5 Mill.m³; er dient, der

1) Quelle: Wasserkraftstatistik 1954 und Angaben der E.D.F.

Abb.21: Das obere Becken des Gave de Pau; Ausbau Cap-de-Long → Pragnères



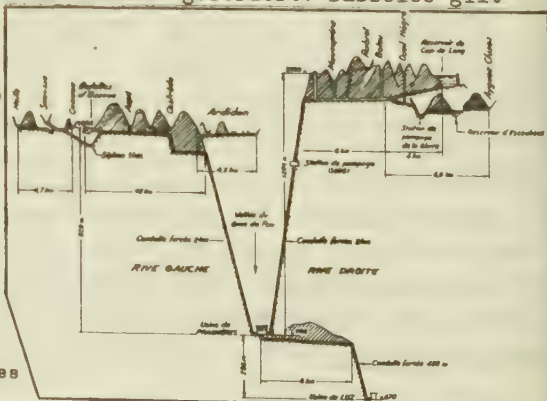
fortgeführt werden.

Die 100 m hohe Bogenstau-mauer bringt den Spiegel des Cap-de-Long-Sees auf eine Höhe von 2160 m und schafft so ein Reservoir von 67 Mill. m³. Ein 10 km langer Druckstollen führt unter dem Néouvielle-Massiv hindurch zu der um 45 Grad geneigten Turbinendruckrohrleitung, des Kraftwerkes Pragnères. In den Druckstollen münden verschiedene Nebenstollen, die im Zusammenhang mit Wasserfassungen und einem weiteren Bergsee ein System kommunizierender Röhren darstellen und den Nenninhalt des Speichers erhöhen. Wassermengen von einem dritten See, dem Lac d'Escoubous, werden durch eine

Kavernen-Pumpstation in den Stausee gefördert. Dasselbe gilt

für beträchtliche Abflußmengen, die linksseitig des Gave de Pau, jedoch 400 m tiefer entnommen werden. Hier arbeitet eine zweite Pumpstation in entsprechender Höhe an der Druckrohrleitung Cap-de-Long/Pragnères.

Abb.22 (rechts): Schema des Ausbaus von Pragnères



Die Druckrohrleitungen auf beiden Talseiten, die im Kraftwerk Pragnères zusammenführen, dienen — bei Betriebsruhe der Maschinen — bei der Qüerung des tief eingeschnittenen Tales gewissermaßen als Düker.

Das 900 m hoch gelegene Werk Pragnères arbeitet mit seinen beiden Hauptmaschinensätzen von je 80 MVA unter einer Fallhöhe von 1250 m, der in Frankreich nach Portillon (Pyrenäen) größten Höhendifferenz. Die Pelton-Turbinensätze sind nach denen von Malgovert/Isère die stärksten Maschinen mit horizontaler Achse in Frankreich.

Nach weiterer Nutzung in der neuen Anlage Luz II münden die Rückgabewasser des Werkes Pragnères bei der Triebwasserfassung von Pont-de-la-Reine in den Kettenausbau des Gave de Pau (Gède → Luz I → Pt-de-la-Reine → Soulom), der ebenfalls ein Gefälle von rund 1200 m für die Energiegewinnung nutzbar macht. Für den Einzugsbereich von Pragnères waren ursprünglich zahlreiche Beileitungen vorgesehen, um die jährliche Darbietung dieses einzigen Werkes von 140 GWh (netto, unter Berücksichtigung des Pumpstromverbrauchs) auf 200 bis 300 GWh zu steigern. Der Nenninhalt dieses bedeutendsten Pump- und Speichersystems der Pyrenäen beträgt — auf die unmittelbar beeinflussten Anlagen Pragnères und Luz II bezogen — gegenwärtig schon 205 GWh und liegt damit nur wenig unter dem jährlichen Arbeitsvermögen der beiden Werke.

Das obere Becken des Adour, das von der nordöstlichen Abdachung des Nöuvieille-Wasserschlosses gebildet wird, besitzt infolge seiner geringen Ausdehnung nur wenige Kraftanlagen, von denen immerhin der zusammenhängende Speicherkraftausbau Campana/Gréziolles → Campan erwähnt werden soll, der zwei Reservoirs von zusammen 5,5 Mill. m³ in mehr als 2200 m Höhe und die drei in Reihe arbeitenden Kraftwerke Artigues, Gripp und Campan umfaßt. Der größere Teil dieser Anlagen ist erst nach dem letzten Krieg entstanden. Die gesamte Jahresproduktion dieser Gruppe beträgt 150 GWh, das Speicherarbeitsvermögen 20 GWh.

2. Die Wasserkraftnutzung an Garonne, Ariège und an den Mittelmeer-Flüssen

Im Becken der oberen Garonne können vier Kraftwerkgruppen unterschieden werden: Neste, Pique, Salat, sowie die Garonne selbst mit neun Niederdruckanlagen, die zusammen ein jährliches Regelarbeitsvermögen von 270 GWh besitzen und von den Regulierungskraftwerken an den Nebenflüssen wasserführungsmäßig nur geringfügig beeinflusst werden. Die einzige Kraftstufe mit mehr als 50 GWh ist Camon, etwas unterhalb der Einmündung der Neste in die Garonne, mit 75 GWh jährlicher Arbeit.

Im Einzugsgebiet des Salat, das sich an der westlichen Seite des Trois-Seigneurs-Massivs erstreckt, ist der Wasserkraftausbau bisher nur wenig vorangekommen. Insgesamt sind sieben Werke in Betrieb, unter denen die beiden Hochdruckanlagen Eylie und Bordes an dem linken Nebenfluß Lez herausragen; ihre Erzeugung von zusammen 80 GWh wird durch das Reservoir Araing in 1900 m Höhe reguliert. Die übrigen Werke im Becken des Salat produzieren zusammen 45 GWh; im höhergelegenen Einzugsgebiet werden zahlreiche Projekte ausgearbeitet, doch ist es bisher zu einer Bauausführung noch nicht gekommen.

Der energiewirtschaftliche Ausbau der Neste, die mit ihren Verzweigungen die Ostabdachung der Néouvielle und den nord-westlichen Rand der Maladetta-Gruppe dräniert, ist im Gegensatz zu Salat und Garonne weit fortgeschritten. Auch hier haben die C.F.M. und später die S.N.C.F. stark in den Gang der Entwicklung eingegriffen. So treibt die Neste d'Avre eine Reihe mittelgroßer Kraftwerke, deren bedeutendstes die 1918 vollendete Anlage Eget (100 GWh) ist. Diese Gruppe wird heute, nach der Erweiterung und Umorientierung des Cap-de-Long-Speichers, durch mehrere kleine Seen reguliert, deren Reservekazität immerhin noch einer Erzeugung von 65 GWh in den talarbeitenden Anlagen entspricht; allerdings unterliegt der Speicherbetrieb gewissen Einschränkungen, da die benutzten Seen — teilweise schon um 1870 — für die Bewässerung des Lannemezan-Plateaus ausgebaut worden waren. Oberhalb von Eget wurde 1955 die Anlage Fabian vollendet. Eine weitere, heute erst projektierte Anlage wird einmal den oberen Abschluß der Werkkette

bilden, die unterhalb von Eget mit St-Lary und, nach Einmündung der Neste de Louron, mit Beyrèdes und Hèches ihre Fortsetzung findet.

Die folgende Übersichtstabelle enthält die wichtigsten Daten des Wasserkraftausbaus an Neste, Pique, Garonne und Salat.

FLUSS	W E R K	Inst. Leistg MVA	Jahr.- Arbeit GWh	Ge- fälle m	Ausbau- wasser m ³ /s	Speicher- möglich- keiten
Neste	Fabian	18	80	292	7	Pumpspei- cherung
	Les Echarts	6	34	90	8	
	Eget	26	100	804	4	Sp. 24 Mio. m ³
	Saint-Lary	24	86	184	14	
	Beyrède	12	50	57	25	
	3 kl. Werke	18	60	-	-	
Neste de Louron	Lassoula	13,5	32	484	4	Sp. 26 Mio m ³ in über 2100 m Meerhöhe
	Tramezaygues	20	50	< 464 265	4,5 1,3	
	Loudenvieille	11	36	245	4,7	
	Bordères	11	40	180	7,3	
Pique	Portillon	50	90	< 1390 1110	3,6 4,6	Pumpspei- cherung in 2600 m Hö- he (19 Mio m ³)
	Pique Supér. Infér.	20	65	< 228 170	6,5 5,2	
	Luchon	47	54	864	7	Sp. 24 Mio. m ³
	Mousquères	4,5	16	120	3,5	
	Cierp	14	55	99	15	
Garonne	Plan d'Arem	5	20	14	50	vollautoma- tisch
	Pointis-de-Riv.	8,5	40	14	64	
	Camon	21	75	24	85	
	Valentine	12	43	13	85	
	5 kl. Werke	20	96	-	-	
Salat/ Lez	Eylie	34	35	1000	3,5	Sp. 9,5 Mio. m ³
	Bordes	13	45	140	8	
	5 kl. Werke	11	45	-	-	
I n s g e s a m t		1250		(Quelle: Wasserkraft- statistik 1954 u.a.)		

An der Neste de Louron, die im Gebiet der Maladetta entspringt, arbeitet eine Reihe von vier Kraftstufen, die durch den Lac de Caillaouas (Nenninhalt 80 GWh) eine recht gute Regulierung erfahren. Die Pumpspeichieranlage Lassoula und das Werk Tramezaygues entstanden zwischen 1929 und 1932 und werden heute von der S.N.C.F. betrieben; die Kraftstufen Loudenvielle und Bordères schließen sich talwärts an und sind an der jährlichen Darbietung der Gruppe (160 GWh) mit fast 50 % beteiligt. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die Hälfte der in diesem Becken jährlich verfügbaren elektrischen Energie infolge des erwähnten Speicherbetriebes den Verbrauchsanforderungen entsprechend dann abgegeben werden kann, wenn die natürliche Wasserführung auf ein kaum nennenswertes Maß absinkt.

Während das Quellgebiet der Garonne — das Val d'Aran liegt schon auf spanischem Gebiet — nur eine kleine Wasserkraftanlage aufweist, besitzt die Pique, der nördliche Hauptabfluß der Maladetta, einen beachtlichen und in technischer Hinsicht sehr interessanten Ausbau.

Schon vor 1920 waren die Hochdruckanlagen Pique-Inférieure und -Supérieure entstanden; 1921 folgte das Werk Luchon, dessen Betrieb vom Lac d'Oô reguliert wird. Flußabwärts wurde schließlich nach dem letzten Krieg das Umleitungssystem von Cierp fertiggestellt. Glanzstück des Pique-Ausbaus ist jedoch das 1941 in Betrieb gegangene Höchstdruck-Speicher- und Pumpwerk Portillon am Zufluß Lys. Es nutzt einige an der Nordabdachung der Maladetta-Gruppe vorhandene Seen in rund 2600 m Höhe, vor allem den Lac Glacé und den Portillon-Speicher an der Neste d'Oô, und arbeitet unter der französischen Rekordfallhöhe von 1400 m. Die Pumpspeicherung geht in der Weise vor sich, daß in Zeiten reichlicher Abflüsse größere Wassermengen von mehreren etwa 400 m tiefer gelegenen Wasserentnahmen, anstatt über die zweite, kürzere Druckrohrleitung dem Kraftwerk direkt zugeführt zu werden, in die oberen Becken gepumpt werden, um schließlich bei Bedarf unter der vollen Fallhöhe abgearbeitet werden zu können. Der Speichernenninhalt von rund 60 GWh beträgt 80 % der Jahreserzeugung des Werkes Portillon und verschafft diesem System den dritten Platz unter den Energiespeichern der Pyrenäen.

Im Gegensatz zum Garonne-Becken, in dem Kraftwerke mit einer Jahreserzeugung von etwa 50 GWh vorherrschen und nur Eget 100 GWh jährlich produziert, finden wir an der Ariège neben zahlreichen kleineren Werken drei Anlagen mit einer 100 GWh übersteigenden Jahresarbeit, darunter das Kraftsystem Aston, das seiner Erzeugung nach den ersten Platz in den Pyrenäen einnimmt.

Das erst 1953 fertiggestellte System von Um-, Beileitungen und Druckrohren nutzt den Abfluß der oberen Ariège und des Aston in zwei zusammengebauten Kraftanlagen unter einem Gefälle von mehr als 530 m. Möglichkeiten für Speicherbetriebsführung sind noch nicht vorhanden; zwei Reservoirs mit zusammen 25 Mill. m³ Nutzinhalt sind geplant.

Im Becken des linken Nebenflusses Vicdessos besteht ein unter Benutzung mehrerer Bergseen geschaffenes Speicherkraftsystem, dessen Kapazität über 100 GWh liegt. Die von der Regulierung erfaßten Werke sind Pradières, Auzat und Sabart mit einer Jahresarbeit von zusammen mehr als 330 GWh.

Auch die rechtsseitigen Zuflüsse der oberen Ariège, die vom Niederschlagsreichen Carlitte-Massiv herabfließen, besitzen Reservoirs; der Lac de Naguilles, der die Produktion der Anlage Orlu an der Oriège beeinflußt, verfügt allerdings nur über ein beschränktes Fassungsvermögen und soll auf einen nutzbaren Inhalt von 30 Mill. m³ erweitert werden. Das älteste Werk im Gebiet der Ariège ist die Anlage Orlu, zugleich die erste 'größere' Kraftstufe in den Pyrenäen. Hier bot sich das 900 m -Gefälle zwischen einem eiszeitlichen Hängetal und dem Lauf der Oriège zu einem sehr günstigen Ausbau an. Das unter diesen vorteilhaften Bedingungen im Jahre 1910 entstandene Werk soll in nächster Zeit modernisiert und dabei auf eine höhere Leistung gebracht werden, um die natürlichen Gegebenheiten sowie einen späteren Speicherausbau voll ausnützen zu können. — Jüngeren Datums sind die beiden talabwärts gelegenen Werke Orgeix und Leich, die während des letzten Krieges fertiggestellt wurden.

Bei den übrigen an der Ariège ausgebauten Kraftstufen handelt es sich durchweg um Niederdruck-Laufkraftwerke, die je-

doch alle noch in gewissem Maße von der am Oberlauf und am Videssos durchgeführten Regulierung beeinflusst werden. Hier liegt nur das Jahresarbeitsvermögen der untersten, im Jahre 1951 vollendeten Anlage Pébernat bei 50 GWh; alle übrigen Werke produzieren weniger als 25 GWh, und ihre Gesamterzeugung überschreitet knapp 100 GWh.

Einen Überblick über die Kraftwerke im Ariège-Becken gibt folgende Zusammenstellung: 1)

F L U S S	W E R K	Inst. Leistg MVA	Jahr.- Arbeit GWh	Ge- fälle m	Ausbau- wasser m ³ /s	Speicher -- Projekte
Videssos	Pradières u. Bassiès	40	80	< 613 451	7	Sp. 43 Mio. m ³
	Auzat	38	135	419	11	
	Sabart	26	120	250	16	
Aston und Ariège	Aston	96	340	< 553 559	12 12	Speich.- und Erwei- terungs- projekte
Ariège und Zuflüsse	Orlu	15,5	50	950	1,5	Sp. 11,5 Mio. m ³ Projekte
	Orgeix Teich	12,5	38	-	-	
	9 kl. Werke	25,5	105	-	-	
	Pébernat	11,5	50	23	50	
Z u s a m m e n			920			

Im Quellgebiet der Ariège ist 1956 mit dem Bau der Anlage Hospitalet begonnen worden, deren Jahreserzeugung bei 115 GWh liegen wird. Dieses Kraftwerk ist Teil eines größeren Pump- und Speicherkraftvorhabens, dessen Betrieb sich ebenfalls vorteilhaft auf die Triebwasserdarbietung in der Anlage von Aston auswirken wird.

1) Quellen: Wasserkraftstatistik 1954 und Angaben der E.D.F.

Im weniger niederschlagsreichen Osten der Pyrenäen sind es drei zum Mittelmeer abfließende Wasserläufe, Aude, Têt und Tech, die für die Erzeugung von elektrischer Energie nutzbar gemacht worden sind. Ihr Wasserkraftausbau ist nicht sehr bedeutend, zeichnet sich jedoch teilweise durch sein großes Alter aus. 18 Werke sind heute in Betrieb, von denen nur die Nachkriegsanlage Nentilla (140 GWh) ein Regelarbeitsvermögen besitzt, das die 50 GWh-Grenze überschreitet. 1)

F L U S S	W E R K	Inst. Jahr.-		Ge- fälle m	Ausbau- wasser m ³ /s	Speichermög- lichkeiten; Bemerkungen
		Leistg MVA	Arbeit GWh			
A u d e	Carcanet	3,5	15	132	4,5	vollautom. Sp.10 Mio.m ³ Sp. 2 Mio.m ³
	Escouloubre	11,5	48	328	4	
	Rouze	8,5	20	252	3,5	
	Usson	12	26	248	4,6	
	Gesse	9	38	205	4,5	
	Nentilla	50	140	510	10	
	St-Georges	6	26	129	5	
T ê t	Pla des Aveillans	7,5	20	289	3,5	Sp.18 Mio.m ³ fern- gesteuert
	La Cassagne	12	36	432	3	
	Fontpédrouse	6	23	182	3,8	
	Thuès	8	32	167	4,8	
	Olette	12	43	228	5,2	
	2 kl. Werke	3	10	-	-	
T e c h	4 kl. Werke	10,5	35	-	-	
Z u s a m m e n		520		Garonne-Becken: 1250 GWh Ariège-Becken : 920 GWh		

An der Aude entstand im Jahre 1900 das erste 'größere' Wasserkraftwerk, Saint-Georges; noch vor dem ersten Weltkrieg folgten flußaufwärts Gesse und Escouloubre. Später wurde der Speichersee Puyvalador (10 Mill. m³), der eine teilweise Regulierung der Erzeugung aller flußabwärts gelegenen Werke

1) Quellen: Wasserkraftstatistik 1954, E.D.F.-Publikationen.

erlaubt, ausgebaut. Eine zweite Speicherreserve mit ähnlichem Fassungsvermögen ist oberhalb von Puyvalador geplant. Ein kleineres Reservoir beeinflusst die Produktion der an linken Zuflüssen der Aude entstandenen neueren Werke Rouze und Usson, die zusammen mit Gesse und Saint-Georges in Reihe arbeiten.

Die Anlage Nentilla, oberhalb von Saint-Georges, ist ein Umleitungs-Hochdruckwerk mit der Fallhöhe von 510 m; ihre Wasserentnahme befindet sich unterhalb des Werkes Escouloubre. Der 6 km lange Umleitungsstollen schneidet einen größeren Bogen der Aude ab. Vor dem Beginn des eigentlichen Druckstollens werden noch Wassermengen von einem Zufluß der Aude beigeleitet, um das Triebwasservolumen zu erhöhen.

Einen verhältnismäßig frühzeitigen Ausbau erfuhr auch der Oberlauf der Têt, die — ein Ausnahmefall — ebenso wie der Tech west-östlich abfließt und damit in die Ostabdachung der Pyrenäen ein Längstal eingekerbt hat. Die Compagnie du Midi errichtete vor dem ersten Weltkrieg vier Werke, die ein Gesamtgefälle 1000 m nutzen und zusammen eine jährliche Darbietung von etwa 140 GWh sichern. Sie werden, ebenso wie die kürzlich flußaufwärts fertiggestellte Anlage Pla des Aveillans, von dem am Ostabfall der Carlitte-Gruppe gelegenen Speichersee Bouillouse (17,5 Mill. m³ in 2000 m Höhe) reguliert. Die gesamte Speicherkapazität an der Têt entspricht einer Energiemenge von 50 GWh, also etwa einem Drittel der jährlichen Erzeugung. Flußabwärts, in der Nähe von Prades, arbeiten an der Têt zwei weitere Werke, jedoch unter geringer Fallhöhe. An einen nennenswerten Weiterausbau ist in diesem Becken nicht gedacht, zumal die natürlichen Voraussetzungen nicht im nötigen Umfang gegeben sind.

Nicht viel anders ist die Lage am Tech, dem südlichsten der französischen Mittelmeer-Küstenflüsse. Vier kleine Wasserkraftwerke mit zusammen 35 GWh Jahresarbeit sind in Betrieb. Infolge eines Katastrophen-Hochwassers im Oktober 1940 und den dabei erfolgten Veränderungen in der Topographie des Einzugsgebietes ist an eine Projektierung weiterer Kraftwerke nicht zu denken, bevor nicht das Flußbett gefaßt und reguliert worden ist ¹⁾.

1) Wasserkraftstatistik 1954, S. 43 Fußnote

VII. DAS GEZEITENKRAFTWERK AN DER RANCE

Von Natur aus ist Frankreich bei der Errichtung von großen Gezeitenkraftwerken ¹⁾ außerordentlich begünstigt; denn an der Atlantik-Küste wie auch am Ärmelkanal verläuft der Wechsel zwischen Ebbe und Flut ziemlich unkompliziert und regelmäßig nach den Bewegungen von Mond (75 %) und Sonne (25 %). Er äußert sich durch fast zwei volle Tidenperioden am Sonnentag ²⁾, was wegen der ungleichmäßigen Verteilung der Landmassen auf der Erdkugel nicht überall der Fall ist. Die größten Gezeitenunterschiede auf der Welt sind in der Fundy-Bay (Kanada) mit 19,60 m zu beobachten. 16,80 m sind es in der Severn-Mündung (England) und immer noch 16,10 m in Frankreich bei Granville und Cancale in der Bucht des Mont Saint-Michel.

Wenn heute in Frankreich mit der ersten großtechnischen Nutzbarmachung der Gezeitenenergie begonnen wird, so sei daran erinnert, daß die französische Technik eine Tradition in der Ausarbeitung von Methoden und Projekten besitzt, die die vertikale Bewegung oder die daraus resultierenden horizontalen Ströme der Gezeiten für die Umwandlung in mechanische und elektrische Energie nutzbar machen lassen. Nach den bisherigen Studien und Versuchen ³⁾ dürfte jedoch feststehen, daß für eine wirtschaftliche Anwendung der Gezeitenenergie in größerem Stile nur diejenigen Verfahren in Frage kommen, die die zwischen zwei getrennten Wasserflächen entstehenden Niveauunterschiede auf klassische Weise mit Wasserkraftturbinen nutzen. Dabei entscheiden dann Überlegungen energiewirtschaftlicher Art, ob einfach, doppelt oder mehrfach wirkende Systeme angewandt werden.

Die erste bekannte Ausnutzung der Gezeitenströme wurde schon in der Antike mit primitiven Schiffsmühlen, wie sie heute noch in vielen Orientländern auf Flüssen Verwendung finden, vorgenommen. Ähnliche Schiffe mit hängenden Rädern sind in neuerer Zeit auf der Themse bei London ausprobiert worden; infolge der ruhigen Strömung und des geringen Wirkungsgrades erwiesen sie sich nicht als rentabel.

1) Vgl. die am Schluß der Arbeit zusammengestellten Quellen.

2) Eine Periode dauert normalerweise 12 Stunden und 25 Minuten.

3) Durch Heben und Senken eines 20.000-Tonnen-Schiffes kann eine Leistung von höchstens 100 PS nutzbar gemacht werden ...

Die wohl einzige praktische Anwendung des Zwei-Becken-Prinzips dürfte in der im Jahre 1898 in dem kleinen bretonischen Hafen Ploumanach entstandenen Anlage zu suchen sein, die das zwischen einer abgeschlossenen Wasserfläche von 1,3 ha und dem Meeresspiegel geschaffene Gefälle von 4 bis 5 m benutzte, um zwei Wasserräder zu drehen. Diese trieben zweimal täglich einige Stunden lang eine Eismaschine für Fischereizwecke an ¹⁾. Im übrigen ist es bis heute zu irgendeiner nennenswerten Heranziehung der Gezeitenenergie — insbesondere zur Stromerzeugung — nicht gekommen, da die traditionelle Wasserkrafttechnik, vor allem was die Maschinenaggregate betrifft, angesichts der geringen und dazu noch stark veränderlichen Fallhöhen sowie des nur periodisch möglichen Betriebs die Rentabilität eines solchen Werkes von vornherein ausschloß.

Seit 1943 arbeitet in Frankreich eine von interessierten Elektrizitätsgesellschaften gebildete und später bei der E.D.F. weitergeführte Studiengruppe systematisch an den technischen Verfahren, die das Problem der Anpassung der Gezeitenenergie-Darbietung an die Bedürfnisse der Elektrizitätswirtschaft erleichtern könnten ²⁾. Heute dürfen die wichtigsten Fragen technischer Art, mit denen sich diese Gruppe befaßt hat, als gelöst bezeichnet werden. Besondere Schwierigkeiten hatte die Entwicklung geeigneter Maschinensätze gebracht. Im Rance-Projekt von 1952 waren schon gekapselte Propellerturbinen mit horizontaler Achse für Leistungen bis 10 MW vorgesehen, die zugleich als Pumpen arbeiten konnten. Der entscheidende Schritt zu einer rentablen und energiewirtschaftlich befriedigenden Gezeitenausnutzung ist jedoch erst in den letzten Jahren gemacht worden. Der nun konstruktionsreif gewordene 9 MW-Maschinensatz, der aus einer horizontal gelagerten Rohrturbine mit direkt angeflanschem gekapselten Generator besteht, erlaubt den Betrieb oder die Mithilfe der Aggregate in allen sechs möglichen Situationen: Stromerzeugung durch 'direkten Turbinenbetrieb' (Flußrichtung vom Becken in das niedrigere Meer) und

1) G. Thallier, La Houille Blanche, Paris 1952, S. 7

2) Die meisten der im folgenden gebrachten Angaben sind der neuesten Studie von R. Gibrat (Sp.-Lit.) entnommen, die in knapper Form die letzten Daten und Erkenntnisse zusammenfaßt.

durch Turbinenbetrieb in umgekehrter Richtung (Flußrichtung Meer → Becken); Stromverbrauch durch direktes Pumpen (vom Meer zum höheren Becken) und durch umgekehrtes Pumpen (vom Becken zum höheren Meer); direkter und umgekehrter Durchfluß, um bei geringen Wasserspiegeldifferenzen die Übergangszeit zwischen den verschiedenen Betriebsphasen zu verkürzen. Damit ist die

Methode gefunden worden, die, bei Durchführung einer heute ebenfalls bekannten und jeweils genau zu errechnenden Betriebsweise, es erlaubt, die mondabhängigen Gezeitenkräfte wirtschaftlich und in großem Stil für die Befriedigung des durch den Lauf der Sonne bestimmten Elektrizitätsbedarfs einzusetzen.

Von der genannten Studiengruppe ist auch das Projekt an der Rance bei St-Malo ausgearbeitet worden, das ab 1956 im Rahmen des dritten Modernisierungs- und Ausrüstungsplanes in einer mehrfach abgeänderten Form verwirklicht wird. Oberhalb von St-Servan wird das Ästuar der Rance durch einen etwa 700 m langen und an der Sohle fast 50 m starken tunnelförmigen Damm abgesperrt, der in seinem

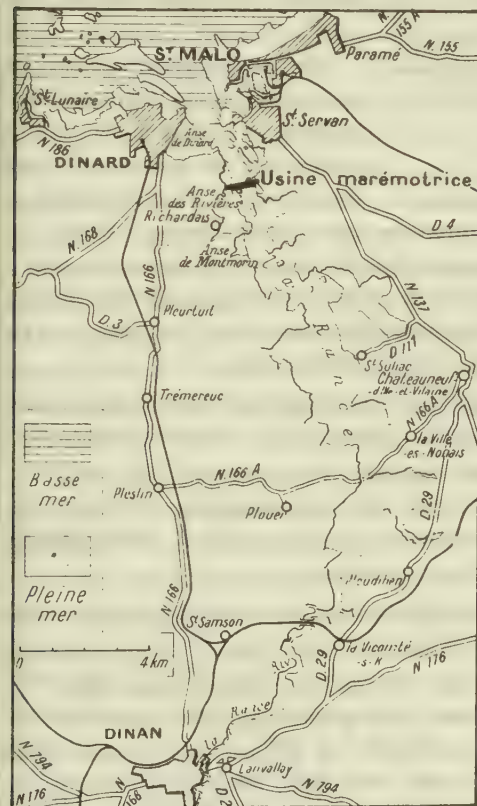


Abbildung 23

Lageplan des im Bau befindlichen Gezeitenkraftwerkes an der Rance

Inneren alle für die Elektrizitätserzeugung erforderlichen Einrichtungen beherbergt. Der mehr als 25 m hohe Damm wird ein Betonvolumen von rund 460.000 m³ enthalten und mit seiner Krone (15 m über Normalnull) eineinhalb Meter über den höchsten möglichen Meereswasserspiegel hinausragen. Am linken Ufer wird

eine Schifffahrtsschleuse eingebaut. Der eingedämmte Teil des Rance-Ästuars wird eine Fläche von etwa 20 km² haben. Der normale Tidenhub an der Mündung der Rance beträgt

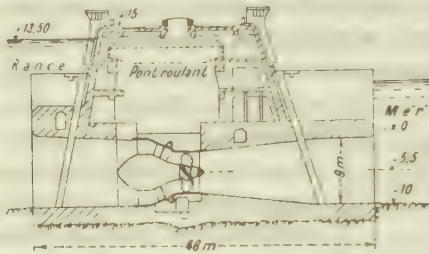


Abbildung 24

Schnitt durch den an der Rance begonnenen Absperr- und Kraftwerksdamm

montiert und daher ebenso ausgetauscht werden können; zehn Schützen, durch deren Öffnungen die Füllung oder Leerung des Beckens stark beschleunigt werden kann; Montage-, Überholungs- und Werkstatt Räume an beiden Dammenden über den Schützen; alle übrigen Betriebsräume und die Umformerstation.

Nachdem das Rance-Vorhaben aus dem zweiten Plan wieder gestrichen werden mußte, konnte es schließlich 1956 im Vorgriff auf den dritten Plan begonnen werden. Man rechnet für 1960/61 mit dem Anlaufen der ersten 8 bis 10 Maschinensätze; 8 bis 10 weitere sollen dann 1962/63 folgen, und die volle Inbetriebnahme ist für den Winter 1963/64 vorgesehen.

Bei Gezeitenkraftprojekten mit einfacher Wirkungsweise läßt sich der Betriebsablauf nur innerhalb sehr enger Grenzen abwandeln. Es kommt dabei darauf an, ob man ein Maximum an kWh ¹⁾ erzielen will oder — im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten — eine lastgemäße Darbietung anstrebt. In jedem Fall lassen sich, wie noch beim Rance-Projekt 1952, nur drei Phasen unterscheiden: Beckenfüllung durch Öffnung der Schützen (und Nachhilfe durch Pumpbetrieb); Wartezeit, bis das Gefälle zur Erzeugung ausreicht; Produktionsphase, die mit etwa 40 % (ca. 5 Stunden) der Tidenperiode veranschlagt werden darf. Die Ausarbeitung des Betriebs- und Einsatzplanes macht hierbei keine Schwierigkeiten; die Laufzeiten werden von Fall zu Fall festgelegt oder variiert,

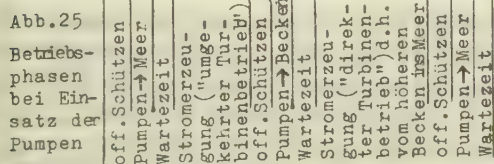
1) Frühere Projekte gingen häufig von der Annahme eines zu jeder Zeit gleichen kWh-Preises aus.

zumal ein produktionstechnischer Zusammenhang zwischen aufeinanderfolgenden Gezeitenperioden von vornherein nicht herbeigeführt werden kann.

Anders im Falle des jetzt zur Ausführung gelangenden Rance-Vorhabens; hier gestaltet sich die nach Lastgesichtspunkten zu bestimmende Betriebsführung infolge der vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen Betriebsphasen wesentlich komplizierter. Man hat zur Bestimmung und Klassifizierung aller denkbaren Betriebszyklen, die sich über mehrere Gezeitenwechsel erstrecken ¹⁾, umfangreiche mathematische Berechnungen angestellt; die dabei verwendeten Gleichungen, die noch nach dem letzten Krieg unbekannt waren, sind mit Hilfe der Variationsrechnung entwickelt worden. Das Ergebnis der mathematischen Studien besteht darin, daß man einen Überblick über die durchführbaren Kombinationen besitzt und in der Lage ist, sie planmäßig den energiewirtschaftlichen Erfordernissen entsprechend anzuwenden. Es ist anzunehmen, daß in der zukünftigen Praxis elektronische Rechenmaschinen herangezogen werden können, die dann auch die systematische Berücksichtigung von Betriebszyklen 'höherer Ordnung' ²⁾ möglich machen würden.

Energiewirtschaftlich ist der Pumpbetrieb von besonderer Bedeutung, da er grundsätzlich dann durchgeführt wird, wenn bei Niedrig- oder Hochwasser die Niveau-Unterschiede zwischen Becken und Meer sehr gering sind, etwa ein bis zwei Meter. Da die Turbinen während der Produktionsphasen unter höherem Gefälle arbeiten, wird mit der vorher geförderten Wassermenge — auch

1) Schon eine Gezeitenperiode, die vier Phasen umfaßt, erlaubt, je nach deren Variation, a priori 16 Kombinationen; bei einem Betriebszyklus, der zwei Perioden überdeckt, sind es 256 (nach R. Gibrat, op.cit.). Die nebenstehende Abbildung veranschaulicht den eine Gezeitenperiode umfassenden 'Normalzyklus', der infolge sinnreichen Einsatzes der Pumpphasen und Wartezeiten eine maximale Energiedarbietung, jedoch ohne Berücksichtigung qualitativer Erfordernisse der Stromabnahme, ermöglicht.



2) Drei Gezeitenperioden und mehr; vgl. hierzu R. Gibrat, op.cit.

bei Berücksichtigung des Wirkungsgrades — eine Stromerzeugung¹⁾ erreicht, die beträchtlich, unter Umständen sogar um ein Mehrfaches über dem Pumpstromaufwand liegt. Lassen sich so schon quantitativ erhebliche Gewinne erzielen, so ist bei sinnvoller Einteilung und Abstimmung der Pump- und Erzeugungsphasen sowie der Wartezeiten untereinander auch eine weitgehende Berücksichtigung qualitativer Erfordernisse möglich. Dabei spielen vollständige 'Wartezyklen' insofern eine besondere Rolle, als in längeren Schwachlastzeiten (z.B. sonntags) im Verlauf einer ganzen Gezeitenperiode jede Stromerzeugung ausfallen kann, um auf diese Weise nachfolgende Produktionsphasen vorzubereiten und leistungsfähiger zu gestalten.

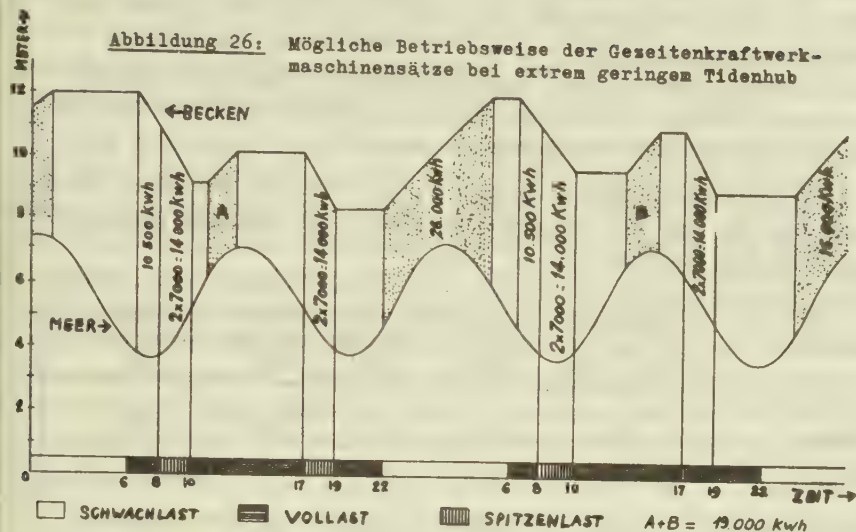
Gibrat hält es sogar für denkbar, daß in Zukunft, wenn die Atomenergie einmal das Übergewicht in der Elektrizitätserzeugung erhalten wird, selbst bei Stillstand aller Wasserkraftwerke kurzfristig bedeutende elektrische Arbeitsmengen abgenommen werden müssen, um das Abbremsen und damit die Vergiftung eines Reaktors mit Xenon 135 zu vermeiden²⁾. In solchen Fällen könnten allein die als Pumpen arbeitenden Maschinensätze an der Rance bis 400 MW aufnehmen und die kostspielige Installation von Flüssigkeitswiderständen entbehrlich machen. Dabei wäre mit zahlreichen Pumpoperationen zu rechnen, die einen Widerspruch in sich darstellen³⁾.

Um die Anpassungsfähigkeit und Elastizität des Betriebes eines modernen Gezeitenkraftwerkes zu zeigen, folgt ein Beispiel, das besonders ungünstige Verhältnisse voraussetzt⁴⁾. An zwei Wintertagen, die den in vier aufeinanderfolgenden Jahren geringsten Tidenhub aufweisen (3,50 m !), soll den beiden täglichen Lastspitzen der Stromversorgung entsprochen werden. Die anschließende Abbildung läßt erkennen, daß dies infolge eines während der Schwachlaststunden durchzuführenden rationellen Pumpbetriebes möglich ist, der den Wasserspiegel im Becken

- 1) Die durch den Pumpbetrieb ermöglichte Steigerung der Jahresarbeit wird für das Werk an der Rance mit 100 GWh netto veranschlagt (Pumpstromverbrauch 30 GWh; Jahresarbeit 830 GWh).
- 2) Angesichts der letzten Fortschritte der Reaktortechnik dürften Bedenken dieser Art mehr und mehr an Aktualität verlieren.
- 3) Z.B. wird bei Hochwasser vom Becken in das Meer gepumpt, anstatt den Beckenwasserspiegel über das normale Maß zu erhöhen.
- 4) R. Gibrat, op.cit. S. 241

stets über dem des Meeres hält:

Abbildung 26: Mögliche Betriebsweise der Gezeitenkraftwerk-maschinensätze bei extrem geringem Tidenhub



Interessant ist, daß selbst in diesem außergewöhnlichen Fall die Operation, die den Charakter einer Kurzzeit-Pumpspeicherung besitzt, 56 MWh Spitzen- und 21 MWh Starklastarbeit gewährleistet 1), gegenüber den für Pumpzwecke verbrauchten 61 MWh, die zu rund zwei Drittel Schwachlastenergie darstellen.

Es liegt nahe, das Werk an der Rance mit Wasserkraftanlagen herkömmlicher Art zu vergleichen, mit denen es den Turbinenantrieb gemeinsam hat. Der hauptsächliche Vorteil jeder Gezeitenkraftnutzung besteht darin, daß es keine 'trockenen Jahre', nicht einmal trockene Jahreszeiten gibt, die die Darbietung der meisten Süßwasserkraftwerke in so starkem Ausmaß beeinflussen und beeinträchtigen. Umso ausgeprägter sind dafür die periodischen, durch die Energiequelle (nämlich den Tidenhub) selbst verursachten kurzzeitigen Schwankungen, die jedoch unter Hilfe der neuen Turbinen- und Betriebstechnik in den Dienst einer lastgemäßen Stromerzeugung gestellt werden können. Schon die zwischenwöchentlichen Abweichungen der Amplitude vom Normalwert liegen unter 10 %; Darbietungsunterschiede zwischen den einzelnen Monaten fallen kaum noch ins Gewicht. Entscheidend ist

1) Diese Angaben beziehen sich auf jeweils einen Maschinensatz.

jedoch, daß —, im Gegensatz zur Wasserführung der Flüsse — sich die Gezeitenbewegungen auf lange Zeit und mit großer Sicherheit vorausberechnen lassen. So zeigt sich das moderne Gezeitenkraftwerk von der Wasserführung her Laufkraftanlagen ähnlichen Umfanges überlegen, falls die Stromabgabe an das nationale Verbundnetz vorausgesetzt wird ¹⁾.

Auch investitionsmäßig schneidet das Werk an der Rance nicht ungünstig ab, wie der folgende Vergleich mit einigen größeren Projekten des dritten Planes zeigt ²⁾:

W E R K	Baukosten in Mrd. frs	Jahres- arbeit GWh	Invest. pro kWh frs	Garant. Leistg. MW	Spitzen- leistung MW
Rance	35	830	42,5	140	280
Marckolsheim (Rhein)	31	720	43	45	67
Saint-Estève (Durance) 3)	22	680	32,5	120	125
Monteynard (Drac) 3)	19	430	44	70	178

Im Vergleich zu dem reinen Laufkraftwerk Marckolsheim ist die Anlage an der Rance als vorteilhafter zu bezeichnen, während die Beurteilung von Saint-Estève dadurch erschwert ist, daß die Kosten für die Durance-Abflußregulierung (Serre-Ponçon) in diesem Zusammenhang nicht auftreten. Immerhin besteht auch hier noch ein Vorsprung der Rance, was die Deckung der Spitzenlast betrifft. Ziemlich gleichwertig dürfte — in Hinblick auf alle angewandten Kriterien — das Kurzspeicherwerk Monteynard sein: der Investitionsaufwand liegt etwas höher und findet sein Gegengewicht in der relativ bedeutenden Spitzenleistung dieser Anlage, die auch von der flußaufwärts vorgenommenen Abflußregulierung profitiert. — Es braucht kaum betont zu werden, daß

- 1) Als Kraftwerk für die örtliche oder regionale Versorgung ist eine Anlage vom Typ Rance nicht geeignet, da zwangsläufig Produktionspausen in Kauf genommen werden müssen.
- 2) E.D.F.-Studienprotokoll über den dritten Plan, Mai 1956
- 3) Hier handelt es sich, im Gegensatz zu Marckolsheim, nicht um Laufkraftwerke; Monteynard besitzt einen Speichervorrat von fast 100 GWh, während St-Estève durch das Reservoir von Serre-Ponçon in vorteilhafter Weise beeinflußt wird.

sich bei einer Gegenüberstellung der Betriebs- und Unterhaltungsaufwände oder der Selbstkosten pro Kilowattstunde das Bild beträchtlich verschieben könnte, und zwar vermutlich zuungunsten des Werkes an der Rance, über dessen laufende Aufwände nach Inbetriebnahme noch keine Angaben vorliegen.

Die Elektrizitätserzeugung an der Rance gewinnt schließlich an Wert und Bedeutung durch ihre besonderen Standortbedingungen. Im Nordwesten des Landes gelegen, fördert sie die Netzstabilität in einem Gebiet, das kaum Wasserkräfte und keine eigenen Kohlevorkommen besitzt. Der Ausbau thermischer Anlagen, die Importkohle verwenden, kann zurückgestellt werden, ohne daß die Übertragungsverluste im Verbundnetz über ein vertretbares Maß zu steigen brauchen. So vereinigen sich unter verbundwirtschaftlichen Gesichtspunkten die regionalen und nationalen Interessen, die den Bau des ersten Gezeitenkraftwerkes befürworten lassen.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß das Vorhaben an der Rance trotz seiner beachtlichen Größe "eine Pionier- und Erprobungsanlage darstellt, mit der Aufgabe, die Lösung für alle technischen Probleme zu zeigen, damit — wenn nötig — in etwa 15 Jahren der Bau des großen Gezeitenkraftwerkes bei den Iles Chausey durchgeführt werden kann" ¹⁾. In dieser Planung, die im Zusammenhang mit der Bedrohung der Schönheiten des vielbesuchten Mont-Saint-Michel in breiteren Kreisen beachtet wurde, ist eine Jahresproduktion von 10 bis 20 TWh vorgesehen. Das gewaltige Vorhaben soll mehrere Becken umfassen und so, unter Anwendung nur der bisher bekannten Techniken, eine vollkommen lastgemäße Erzeugung gestatten. Allerdings sind in letzter Zeit wiederholt Bedenken geäußert worden, daß der außerordentlich starke Tidenhub in dieser Bucht, der teilweise auf örtliche Resonanzerscheinungen zurückzuführen sein scheint, durch die vorgesehenen einschneidenden Eingriffe in den natürlichen Ablauf von Ebbe und Flut beträchtlich verringert werden könnte und auf diese Weise der geplante Ausbau sich als gegenstandslos erweisen würde.

1) P. Massé/1955, op.cit. S. 8/9



VIII. BESONDERE FRAGEN UND PROBLEME HINSICHTLICH
BESCHAFFENHEIT, BETRIEB UND AUSBAU DER
FRANZÖSISCHEN WASSERKRÄFTE

In den vorhergehenden Kapiteln des 'Speziellen Teils' ist ein Überblick über die natürlichen Bedingungen in den französischen Gebirgsregionen und über die auf dieser Grundlage ent-

ANMERKUNG ZU DEN ABSCHNITTEN VIII/2 UND VIII/3

Die ELECTRICITE DE FRANCE unterscheidet nach der bei mittlerem Abfluß gegebenen Füllzeit der Stau-
becken d r e i Gruppen von Wasserkraftwerken :

über 400 Stunden (16,6 Tage) = USINE DE LAC ,
also Lang- oder Saisonspeicherkraftwerk;

zwischen 2 und 400 Stunden = ECLUSEE ,
womit Kurzspeicheranlagen, also Monats- und
Wochenspeicherkraftwerke — oft mit Schwell-
betrieb —, bezeichnet werden;

unter 2 Stunden = USINE A FIL DE L'EAU ,
was den Laufwasserkraftwerken im engeren
Sinne des Wortes entspricht.

ERGÄNZUNG, VON WASSER — ENERGIE

- 1) Der oft zitierten Schätzung des 'Centre Polytechnicien d'Etudes Economiques' von 36 TWh aus dem Jahre 1938 stehen u.a. folgende abweichende Angaben gegenüber: Vorkriegsschätzungen beliefen sich nach J. Martincourt auf etwa 50 TWh; P. Chapouthier hielt 1939 nur 25 TWh in "wirtschaftlich vernünftiger Weise" für ausbaufähig; F. Roycourt ging 1944 nur unwesentlich über die Ziffer des Centre Polytechnicien hinaus (40 TWh); den letztlich ermittelten Wert kommt I. Leviant (1949) mit rund 80 TWh sehr nahe.

Nutzen sein kann 1). Dieses Rohpotential beträgt für Frankreich etwa 250 TWh. Auf den höchst unbestimmten und in seiner Bemessung dehnbaren technischen Potentialbegriff 2) soll hier nicht eingegangen werden.

Die wirtschaftlich ausbaufähigen Wasserkräfte, das 'wirtschaftliche Potential', können auf Grund der natürlichen Gegebenheiten, der technischen Methoden und der jeweiligen wirtschaftlichen Situation annäherungsweise bestimmt werden. Infolge der in die Rechnung eingehenden Varianten hat diese Größe zwar den Charakter der Jeweiligkeit; dennoch scheinen größere Abweichungen, vor allem nach oben, nicht möglich zu sein 3). Es ist daher nicht zu erwarten, daß das wirtschaftliche Wasserkraftpotential Frankreichs die in den letzten Aufstellungen in den Bereich des Überschaubaren gerückte 100 TWh-Grenze in Zukunft überschreiten wird.

In welchem Umfang sich die zuständigen Abteilungen der E.D.F. mit den Fragen des verfügbaren Wasserkraftpotentials und seines wirtschaftlichen Ausbaus beschäftigt hat, geht daraus hervor, daß die Baudirektion in den Jahren 1952 bis 1954 eine "Prospektion der in Frankreich unter gewissen wirtschaftlichen Voraussetzungen verfügbaren hydroelektrischen Energie" durchführte und damit endgültig die für eine weitere Gesamtplanung erforderlichen Grundlagen auf nationaler Basis schuf.

Direktor Rousselier trifft in seinem Bericht 4) die Feststellung, daß der zukünftige Ausbau der Wasserkraftanlagen in Ländern, die schon einen nennenswerten Teil ihres Potentials nutzbar gemacht haben, verfeinerte wirtschaftliche Voraussetzungen und Rentabilitätsanalysen erfordert, und daß die "verhältnismäßige Sorglosigkeit in der Vergangenheit" die heutigen Programme erheblich belastet. Diese Tatsache kommt vor

- 1) Auch die Studie der E.C.E. in Genf "Le potentiel hydro-électrique de l'Europe" (1953) verwendet diesen Potentialbegriff.
- 2) Man könnte hierin einen äußerst weit gefaßten Potentialbegriff wirtschaftlicher Art sehen (Zinssatz = 0 oder negativ).
- 3) Neben technischen Gesichtspunkten und deren wirtschaftlichen Auswirkungen dominieren kapitalwirtschaftliche Überlegungen, die über die jeweiligen Zinssätze in die Rechnung eingehen; mit einem Sinken des Zinses unter 3 oder gar 2 % ist in Europa auch auf längere Sicht nicht zu rechnen.
- 4) M. Rousselier, L'inventaire des ressources hydroélectriques potentielles françaises, Travaux 1954, S. 737-743

allem darin zum Ausdruck, daß im Zuge des gegenwärtigen Ausbaus vorzeitige Stilllegungen von Werken nicht zu vermeiden sind und in vielen Fällen der Unterausrüstung von Erzeugungsanlagen sowie den entstandenen Ausbaulücken nicht mehr abgeholfen werden kann. An anderer Stelle beziffert Rousselier den so entstandenen Ausfall an Arbeitskapazitäten während des Monnet-Plans mit etwa 8 % der in Betrieb gegangenen Werke. 1)

Man ist sich bei der E.D.F. darüber im klaren, daß wirtschaftlicher Weitblick mit den Bemühungen um den technischen Fortschritt Hand in Hand gehen muß, was bisher nicht immer der Fall gewesen ist. In diesem Sinne bestehen die wirtschaftlichen Studien vorwiegend darin, "die Charakteristika eines Vorhabens derart zu bestimmen, daß sich ihre marginalen Daten harmonisch in das gewählte Vergleichssystem einfügen, d.h. also, daß ein Projekt keine Grenz-Operationen enthält, die zur gleichen Zeit und an anderem Orte günstiger durchgeführt werden können". Die wirtschaftlichen Studien sollen schließlich zu einer Zusammensetzung der Programme führen, die den geringsten Aufwand für die erforderliche Energiemenge entstehen läßt, bei einer gegebenen Investitionssumme und einer bestimmten Entwicklung des Verbrauchs, wodurch wiederum das Verhältnis von hydraulischer zu thermischer Elektrizitätserzeugung festgelegt wird.

Um eine solche Ausbaupolitik durchführen zu können, wurde von der E.D.F. eine gründliche physisch-technische Prospektion veranlaßt, deren Ergebnisse dann unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ausgewertet worden sind 2). Die Bewertung der einzelnen Projekte stützt sich, energiewirtschaftlich gesehen, auf drei wichtige Charakteristika, nämlich auf das Arbeitsvermögen im Regeljahr, auf die garantierte Leistung während 1200 Vollaststunden eines trockenen Winters (Typ 1948/49) und auf die verfügbare Leistung während der Spitzenlaststunden eines solchen Winters. Jedes Wasserkraftprojekt wird durch das sogenannte Wertkriterium $V = \frac{E}{d} + 1$ 3) zahlenmäßig charakterisiert

- 1) M. Rousselier, L'évolution des projets hydroélectriques entre deux programmes d'équipement, "Sonderheft 1954", S. 87-92
- 2) Der Aufwand für die Erstellung des 'Inventaire' betrug etwa 1/100 Promille der Investitionen, die der Ausbau aller inventarisierten Wasserkräfte erfordern würde.
- 3) Vgl. hierzu 'Essai de détermination d'un critérium de valeur des équipements', E.D.F.-Manuskript, Paris 1953.

und einem thermischen Produktionssystem, bestehend aus Grund- und Spitzenlasterzeugung, mit gleicher Leistung gegenübergestellt. 'd' ist der für das in Frage stehende Werk erforderliche Investitionsbetrag, während unter der Bezeichnung 'E' alle auf den Gegenwartswert gebrachten Einsparungen, die beim Betrieb der Anlage im Vergleich zum thermischen System erzielt werden würden, zusammengefaßt sind. Dabei werden neben der Kohle- und Betriebskostensparnis auch eventuelle Mehraufwendungen für die Stromübertragung berücksichtigt.

Ist der errechnete 'Wertkoeffizient' größer als oder gleich der Einheit, so besteht Interesse an dem Projekt; ergibt sich ein Wert unter 1, so ist der Bau entsprechender thermischer Anlagen vorzuziehen. Durch Umdrehung des Ausdruckes erhält man die Größe $V - 1$, die nichts anderes als die 'kapitalisierte relative Bereicherung' pro investiertem Franken ausdrückt. Von dieser Vorstellung her müssen die häufig vorgebrachten Äußerungen verstanden werden, die einen noch stärker zu intensivierenden Wasserkraftausbau dadurch rechtfertigen wollen, daß "die hydraulischen Kraftanlagen weniger kosten, als sie tatsächlich wert sind."

Das wirtschaftlich ausbaufähige Wasserkraftpotential ist letztlich als Funktion des Zinsfußes und auf diese Weise als von der allgemeinen wirtschaftlichen Lage und Entwicklung abhängig anzusehen. Die E.D.F. sieht sich daher veranlaßt, in ihrem Inventar auch Projekte zu berücksichtigen, die heute noch einen Wertkoeffizienten unter der Einheit aufweisen; man hat die untere Schwelle bei $V = 0,6$ angenommen, was einem Zinssatz von etwa 2,5 % entspricht. Ein Grund für diese Ausdehnung der Klassifizierung liegt in den von der E.D.F. zugestandenen Fehlergrenzen, die $\pm 10\%$ für die eingeschlossenen Daten wirtschaftlicher Art und $\pm 5\%$ für die angegebenen Energiemengen erreichen können. Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang, daß Kleinwasserkraft mit weniger als 5 bis 10 GWh jährlicher Erzeugung nicht im Inventar enthalten sind, da der Prospektionsaufwand dafür unverhältnismäßig hoch gewesen wäre. Daher liegen nur vorläufige und angenäherte Schätzungen vor, die auf den Studien einzelner Flußsysteme beruhen und für Frankreich Ausbaumöglichkeiten von insgesamt mehreren Milliarden Kilowattstunden erwarten lassen.

Die folgende Tabelle enthält in groben Umrissen und nach abnehmenden V-Werten gegliedert die Ergebnisse der von der E.D.F. durchgeführten Studien 1).

	1956 1.Betr.	Inventarisierte Wasserkräfte nach abnehmenden "V-Werten" :								gesamt:
Koeffizient " v "	-	1,6	>1,4	> 1,2	> 1,0	>0,8	>0,6	<0,6	ca. 1,1	
Zinshöhe in v.H. 2)	-	12	9-12	6,5-9	4-6,5	3-4	2-3	2	ca. 5,5	
Jahresarbeit in TWh	28,3	3,8	10,4	12,1	10,6	14	10	3	ca. 64	
dito,kumul. in TWh	-	3,8	14,2	26,3	37	51	61	64	-	

Es gibt zahlreiche und sehr verschiedenartige Faktoren, die die Genauigkeit der Resultate in Frage stellen, selbst wenn man von den verwendeten wirtschaftlichen 'Konstanten' einmal ab-
sieht. Der Hauptgrund für eine Überschätzung des Potentials dürfte in der rein energiewirtschaftlichen Betrachtungsweise liegen; das Inventaire ist ohne Berücksichtigung andersartiger Wasserverwendungen oder von Ausbaurückstellungen aufgestellt worden. Auf der anderen Seite erscheinen einige Unterschätzungen, über deren Größenordnung man verhältnismäßig gut im Bilde ist: Korrektur marginaler Charakteristika (vor allem bei Niederdruckwerken) infolge technischer Neuerungen (ca. 1 TWh); Überausbau bestehender Werke und Verbesserung des Wirkungsgrades durch Erneuerungen (ca. 3 TWh); Ausfüllung von Lücken in der Prospektion; Ausbau der Kleinwasserkräfte (ca. 5 bis 10 TWh).

Bei Berücksichtigung der genannten Faktoren, von denen schwer zu sagen ist, inwieweit sie sich aufheben würden, kommt Rousselier — unter Einbeziehung der schon bestehenden Werke — zu dem Ergebnis, daß mit einem wirtschaftlich nutzbaren Wasserkraftpotential von 65 bis 70 TWh gerechnet werden kann, das sich unter der Hypothese von $V = 0,8$ auf 80 bis 85 TWh und für $V = 0,6$ auf 90 bis 100 TWh erhöhen würde 3).

- 1) Nach Angaben von M. Rousselier (op.cit.) und J. Laigroz, Perspectives nouvelles Ann.de Géogr. 1955, S. 18
- 2) D.h. der Zinssatz, bei dem ein Projekt noch rentabel ist.
- 3) M. Rousselier, L'inventaire..... (op.cit. S. 740); diese Angaben gehen auf das Jahr 1954 zurück !

Den theoretischen Überlegungen nach müßte der zukünftige Wasserkraftausbau streng nach abnehmenden V-Werten durchgeführt werden; praktisch erweist sich ein solches Vorgehen jedoch als unmöglich, da das Inventaire in seiner derzeitigen Ausarbeitung eine so genaue Klassifizierung der einzelnen Projekte gar nicht bieten kann und außerdem vielerlei Einschränkungen hinzukommen, wie spezielle Standortprobleme, vor allem in Hinblick auf die Entwicklung des Verbundnetzes, Planungen für den Vollausbau ganzer Flußstrecken mit teilweise weniger rentablen Stufen und schließlich technische und bauwirtschaftliche Gründe. Es kann also nicht erwartet werden, daß zukünftige Programme genau der in der Zeit fallenden Kurve des Wertkoeffizienten V folgen. Man darf vielmehr annehmen, daß bei der notwendigen Mischung verschieden rentabler Projekte sich das allgemeine Ertragsgesetz spürbar erst in 15 bis 20 Jahren auswirken wird ¹⁾, d.h. wenn ein Gesamtausbau von etwa 60 TWh erreicht werden wird.

Die Gliederung des Inventaire nach Art und Form der vorhandenen und der möglichen Produktion hat ergeben, daß bei Zugrundelegung lastmäßiger Gesichtspunkte zwischen den bisher ausgebauten Wasserkraften und den neu inventarisierten eine ziemliche Ähnlichkeit besteht. Es sieht sogar so aus, als könnte das Verhältnis von garantierter zu normal verfügbarer Leistung günstiger gestaltet werden.

Die Elektrizitätswirtschaftspolitische Auswertung des durch das Inventaire verfügbar gewordenen Materials gibt nicht zuletzt Richtlinien für die zukünftige Planung und Gestaltung des französischen Transport- und Verbundnetzes. Es wurde schon im 'Allgemeinen Teil' ausgeführt, daß die Transportfunktion des Netzes zwar vorläufig noch leicht an Bedeutung zunehmen, jedoch in 15 bis 20 Jahren tendenziell hinter der Verbundfunktion zurücktreten wird. Daher ist die Potentialaufstellung nach Gebieten gerade auch für die regionale Planung der Übertragungsleitungen von grundsätzlicher Bedeutung, zumal die weiteren Ausbaubedingungen je nach dem hydrographischen System und den Standortver-

1) Ein praktisches Beispiel, das, wenn auch etwas überspitzt, in diese Richtung deutet, stellen die ersten beiden Ausbaupläne dar: $V_{\text{Monnetplan}} = 1$; $V_{2.\text{Plan}} = 1,3$

Verhältnissen äußerst unterschiedlich sind: 1)

G E B I E T E	<u>Französisches Restpotential in TWh</u>			
	"V": über 1,2	1,2-0,8	unter 0,8	gesamt
Rhein	4,6	-	-	4,6
Nordfrankreich	0,12	0,38	0,14	0,65
Cevennen	2,0	0,9	0,18	3,08
Zentralmassiv	1,4	5,1	4,5	11,0
Pyrenäen	1,1	4,4	1,8	7,26
Jura	0,5	0,28	0,5	1,27
Arve und Zuflüsse der oberen Rhône	0,7	0,76	0,8	2,3
Isère	6,1	2,6	1,1	9,84
Durance + Küstenflüsse	7,0	4,2	2,0	13,29
Rhône	2,7	6,2	2,1	10,84

Aus dieser Übersicht geht hervor, daß die Alpen — zusammen mit Rhein und Rhône — auf Grund ihres alle anderen Gebiete weit überragenden Wasserkraftpotentials auch in Zukunft ihr Übergewicht behalten und voraussichtlich erheblich verstärken werden, da die größten hochrentablen Ausbaumöglichkeiten an Durance, Isère, Rhein und Rhône konzentriert sind. Tatsächlich sind die Pyrenäen-Wasserkräfte relativ am stärksten ausgebaut; sie bestreiten heute 17 % der nationalen Darbietung, während ihr Anteil an den inventarisierten Projekten nur mehr 12 % beträgt. Die entsprechenden Verhältniszahlen für die Alpen liegen bei 58 % (Produktionsanteil) und 65 % (Restinventar), wobei noch hervorzuheben ist, daß hier das Schwergewicht bei den besonders wirtschaftlichen Vorhaben zu finden ist. Daß diesen Gegebenheiten bei der Ausbauplanung Rechnung getragen wird, geht aus neueren Angaben 2) über Baubeginne und aussichtsreiche Projekte hervor; sie führen zu der Annahme, daß der Produktionsanteil des Sektors 'Alpen' in naher Zukunft zwei Drittel der nationalen Erzeugung erreichen und überschreiten wird.

1) M. Rousselier, L'inventaire (op.cit. S. 742); diese Angaben sind insofern überholt, als seit 1953/54 gebietsweise wichtige Vorhaben fertiggestellt werden konnten, die in den Ziffern der ersten Tabellenspalte enthalten sind.

2) U.a. E.D.F.-Karte mit Baustellen und Projekten (Juli 1956).

2. Entwicklung und Stand des Ausbaus der Wasserkräfte

Die Wasserkraftwirtschaft stand 1945 praktisch dort, wo sie vor dem Kriege angekommen war. Das Jahresarbeitsvermögen aller französischen Werke war infolge mittel- und unmittelbarer Kriegseinwirkungen gesunken und erreichte knapp das Niveau von 1938/39. Die hydrologischen Bedingungen waren fast so ungünstig wie 1938 und konnten trotz erhöhter Speicherkapazitäten nicht einmal in dem Maße ausgenutzt werden, wie es im letzten Vorkriegsjahr der Fall gewesen war: 1)

JAHR	Ausbau am	Jährl. Zuwachs	Jährl. Hydr.-	Jährliche Plan-		Gesamt-Spei- chernenninhalt
	Jahresende	TWh	Koeff.	Erzeugung	ziel	
	TWh/MJAV			TWh	TWh	TWh
1938	13,5	-	0,85	10,3	-	0,75
1945	13,6	-	0,90	10,2	-	1,12
1946	14,8	1,2	0,88	11,2	13	1,18
1947	16,1	1,3	0,91	12,8	14	1,32
1948	17,5	1,4	0,93	14,7	16	1,39
1949	18,7	1,2	0,66	11,0	19	1,46
1950	19,8	1,2	0,91	16,1	20,5	1,55
1951	21,7	1,9	1,17	21,0	23	1,97
1952	25,1	3,4	1,12	22,2	-	2,86
1953	26,6	1,5	0,87	21,0	-	2,86
1954	28,0	1,4	0,97	24,3	-	3,22
1955	28,3	0,3	0,96	25,5	-	3,22
1956	29,1	0,8	0,95	25,8	-	3,28

Der im Rahmen des Monnet-Plans mit allen verfügbaren Mitteln vorangetriebene Anlagenausbau wirkt sich schon in der stetigen Ausweitung der Arbeitskapazitäten bis 1950 aus. Entsprechend, doch von der ungünstigen Wasserführung in den Nachkriegsjahren stark beeinflusst, verläuft die Entwicklung der Stromdarbietung, die schließlich mit ihren sprunghaften Bewegungen zwischen 1949 und 1951 den Beginn einer Periode anzeigt, die durch reichlichere Niederschläge und vor allem durch die Inbetrieb-

1) Quelle: E.D.F.-Statistik 1955 und 1956.

nahme der wichtigsten Kraftwerke des Monnet-Plans gekennzeichnet war. Diese Faktoren waren es mit in erster Linie, die zu der schon an anderer Stelle erwähnten Normalisierung in der Elektrizitätsversorgung während der Jahre 1950 bis 1952 beigetragen haben. Während das Regelarbeitsvermögen aller Wasserkraftwerke seit 1945 um mehr als 100 % anwachsen konnte, sind die Speichermöglichkeiten gegenüber der ersten Nachkriegszeit sogar fast verdreifacht worden; der Nenninhalt aller Speicher wurde so in seinem Verhältnis zum Arbeitsvermögen von 8,2 % (1945/46) auf 11,2 % (1956/57) gebracht.

In den Jahren nach 1954, in die das Auslaufen der Monnet-Plan-Operationen und der stark verzögerte Beginn der Vorhaben des zweiten Planes fielen, machte sich eine ausgesprochene Stagnation im Anwachsen der Erzeugungs- und Speicherkapazitäten bemerkbar, die ihr Ende erst in den Jahren 1956 und 1957 fand. Dieses 'Loch' ist auf die mangelnde Kontinuität zwischen den beiden Elektrizitätsplänen zurückzuführen und ist schon ab 1951, als die Baubeginne unter jedes vertretbare Maß gesunken waren, von Seiten der E.D.F. vorausgesagt und den maßgebenden Stellen zur besonderen Beachtung anempfohlen worden ¹⁾. Die Entscheidung, ob der Stromnachfrage in den Wintermonaten zwischen 1957 und 1960 voll entsprochen werden kann, wird unter den heute gegebenen und für die nächsten Jahre maßgebenden Umständen nicht zuletzt den hydrologischen Bedingungen während der kritischen Perioden überlassen sein.

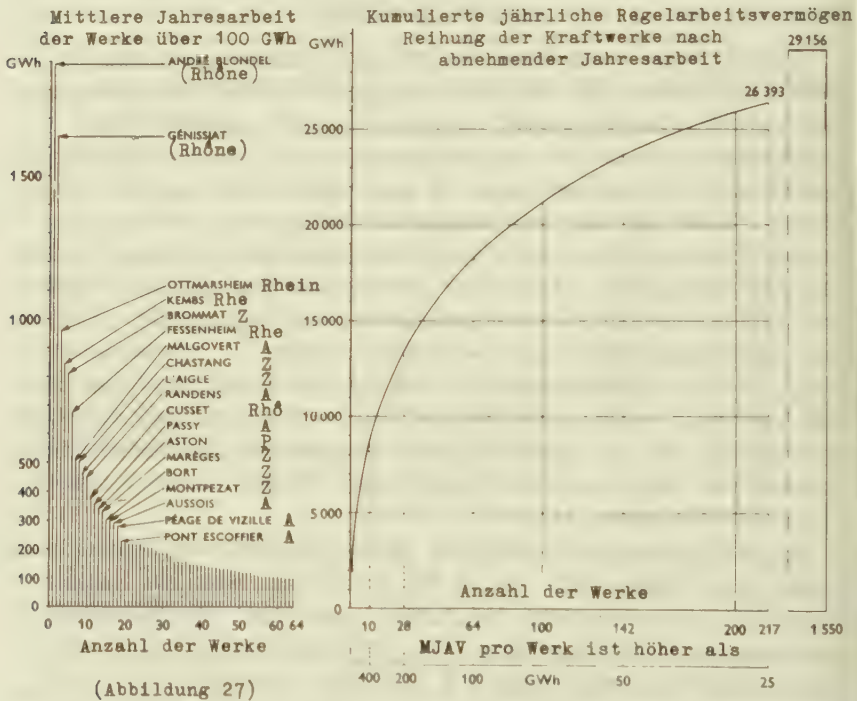
An dem Jahresarbeitsvermögen aller französischen Wasserkraftwerke, das Anfang 1957 29,15 TWh erreichte, sind die Anlagen der E.D.F. mit rund 78 % (22,7 TWh) beteiligt. Von Bedeutung sind daneben die Kapazitäten der C.N.R. mit 12,5 % (3,7 TWh) und der S.N.C.F. mit knapp 5 % (1,4 TWh); der Rest fällt auf kleinere Erzeuger, auf Regionen und auf verschiedene Industrien.

Die nachfolgende Gliederung der 1550 Wasserkraftwerke läßt erkennen, welches Übergewicht die mittleren und großen Anlagen haben. Die zehn Großkraftwerke (über 400 GWh) bestreiten allein 30 % der jährlichen Regelerzeugung; rund 35 % treffen auf die 54 mittelgroßen Anlagen (100 bis 400 GWh). Alle 217 Werke mit

1) Vgl. u.a.: E.D.F.-Jahresberichte 1950, 1951 und 1952; Gaspard/Massé, op.cit.; P. Massé/1952, op.cit.

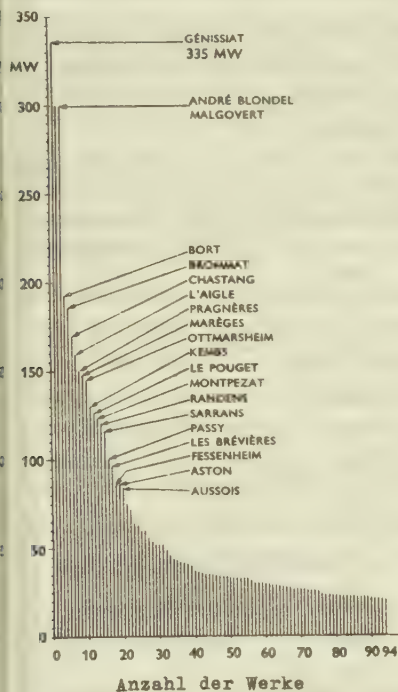
mit einer über 25 GWh liegenden Jahresarbeit gewährleisten zusammen mehr als 90 % der Darbietung im Mitteljahr.

Aus der nach abnehmenden Arbeitskapazitäten gegebenen Reihung der größeren Werke geht hervor, daß die mächtigen Laufkraftanlagen an Rhein und Rhône mit Abstand die Spitze einnehmen; die Werke im eigentlichen Alpengebiet folgen erst in weiterem Abstand, während zwischen 300 und 800 GWh die Staumauerkraftstufen des Zentralmassivs überwiegen.



Ein mehr zugunsten des Zentralmassivs verschobenes Bild ergibt die Einstufung nach Werksgrößen (max. Leistung), wenn von der Großanlage Malgovert (Alpen) abgesehen wird. Die reinen Laufwasserkraftwerke am Rhein fallen stark zurück, während ganz allgemein die Speicherzentralen mit ihren besonders leistungsfähigen Maschinensätzen, die durchweg geringere Jahresbenutzungszahlen aufweisen, an Rangstellung gewinnen:

Abbildung 28: Maximal ausfahr-
bare Leistungen aller Wasser-
kraftwerke mit mehr als 20 MW
(Reihung nach abnehm. Leistg.)



Weitere charakteristische Züge der französischen Wasserkraftnut-
lassen sich bei der Gliederung
des Arbeitsvermögens nach hydro-
graphischen Bereichen einerseits
und nach Werkarten andererseits
erkennen.

In den hinsichtlich ihrer Ge-
samtdarbietung weitaus an der
Spitze stehenden Alpen treten,
infolge Einbeziehung der Anlagen
an Rhône und Rhein, die Laufkraft-
werke stark hervor, während die
Stromerzeugung der mit größeren
Speicherbecken gekoppelten Zentra-
len hier noch von verhältnismäßig
geringerer Bedeutung ist.

In den Pyrenäen, deren Gesamt-
erzeugung um ein Mehrfaches unter
der der Alpen liegt, kann von ei-
ner ähnlichen Aufteilung nach
Werkarten gesprochen werden; aller-
dings ist der Produktionsanteil
der Langspeicherwerke hier etwas
stärker ausgeprägt.

Im Zentralmassiv hingegen nimmt, wie aus der eingeschobenen
Tabelle hervorgeht 1), die Erzeugung der Langspeicheranlagen

WERKART	A L P E N		Z.-MASSIV		PYRENÄEN		ZUSAMMEN		v.H.
	max.Lstg	MJAV	max.L.	MJAV	max.L.	MJAV	max.L.	MJAV	
Laufkraft	1,94	10,6	0,32	1,3	0,56	2,8	2,82	14,7	50
Kurz-Sp.	1,04	4,5	0,97	2,9	0,30	1,2	2,30	8,6	30
Lang-Sp.	0,87	1,9	1,25	3,0	0,47	0,9	2,60	5,8	20
Zusammen	3,84	17,0	2,54	7,3	1,33	4,8	7,72	29,2	100
(in v.H.)		60		24		16		100	

1) Quelle: E.D.F.-Statistik 1956, S. 72/73; alle Leistungswerte
in GW, alle Arbeitsmengen in TWh; Stand vom 1. Januar 1957.

einen erheblichen Raum ein und hält der der Kurzzeitspeicher ungefähr die Waage; dafür treten reine Laufkraftstufen sehr viel weniger stark in Erscheinung.

Die regionale Verteilung der französischen Langzeit-Speicherkapazitäten veranschaulicht die anschließende Übersicht, die außerdem einige Angaben über die wichtigsten Speichersysteme in jedem Wasserkraftgebiet enthält. 1)

SPEICHERKRAFT- SYSTEM	MJA der zugeh. Werke GWh	Speicher- nenninhalt		Anteil an d. franz. Gesamtkapazität v.H.	Relatives Speicher- vermögen v.H.
		1.e.S. GWh	1.w.S. GWh		
Tignes/Brévières/ Malgovert	625	488	622	(ca. 19)	7
Girotte/Belleville/ Hauteluce	78	67	144		
La Bissorte	136	98	133		
Übrige	892	151	260		
ALPEN (gesamt)	1831	784	1159	36	
Bort-les-Orgues	300	86	341	(ca. 11)	17,5
Sarrans/Brommat	1036	204	265		
Pareloup/Alrance/ Pouget	243	198	217		
Übrige	1304	253	437		
ZENTRALMASSIV (gesamt)	2983	741	1250	39	
Cap-de-Long/ Pragnères/Luz II	212	205	233	(6,5)	16,5
Enloure/Pradières	70	45	102		
Portillon	74	57	79		
Übrige	638	295	460		
PYRENÄEN (gesamt)	922	568	841	25	
FRANKREICH (insgesamt)	5737	2093	3249	100	11

1) Quelle: E.D.F.-Statistik 1956, S. 72/73; der 'Speichernenninhalt 1.e.S.' trägt nur der Stromerzeugung in den dem Speicher unmittelbar zugehörigen Werken Rechnung, während der Speicherinhalt '1.w.S.' auch die Nutzung des Speicherabflusses in allen abwärts arbeitenden Werken einbezieht.

Es zeigt sich deutlich, daß — der Kraftwerksgrößenstreuung entsprechend — die Speicherkapazitäten in wenigen Reservoiren konzentriert sind; die acht Systeme mit mehr als 100 GWh umfassen fast 60 % der gesamten französischen Speicherenergie. Im übrigen geht aus der Aufstellung hervor, daß die Speicherreserven in den Alpen heute noch von geringer verhältnismäßiger Bedeutung sind und an ihnen das System Tignes/Malgovert allein mit 55 % beteiligt ist. Nicht in demselben Maße beherrschend sind die größten Systeme im Zentralmassiv und in den Pyrenäen; immerhin nehmen auch sie etwa ein Viertel der Reserven ihres Gebietes ein.

Mit dem starken Anwachsen der Speicherkapazitäten und der Verbesserung des Verbundbetriebes in den letzten Jahren ist die Bedeutung der Pumpspeicherung, die in Frankreich schon immer verhältnismäßig gering gewesen ist, weiter zurückgegangen. Die folgende Übersicht vermittelt ein Bild von den seit 1949/50 eingetretenen Veränderungen.¹⁾

	1949	1950	1954	1955	1956
Installierte Pumpleistung (MW)	103	103	90	90	90
Pumpstromverbrauch (GWh)	199	178	82	73	96
Stromerzeugung (GWh)	119	116	42	37	50
Energieverlust (Saldo) in GWh	80	60	40	36	46

In den Werten von 1954 bis 1956, an denen das Werk Lac Noir in den Vogesen mit etwa 95 % beteiligt ist, sind die in den letzten Jahren errichteten Pumpwerke, die keine reine Verlagerung sondern nur eine Erhöhung der Wasserkraftdarbietung bezwecken, wie z.B. Pragnères/Pyrenäen und Bage-Pouget/Zentralmassiv, nicht berücksichtigt. Der Pumpstromaufwand solcher ergänzenden Anlagen wird unmittelbar von der Bruttoproduktion der zugehörigen Hauptwerke abgerechnet und tritt daher auf nationaler Ebene nicht in Erscheinung.

- 1) Ob das Jahr 1956 einen Tendenzumschwung anzeigt, ist bis jetzt kaum abzusehen; bemerkenswert ist die Initiative der E.D.F., die sich an dem 'europäischen' Pumpspeicherwerk Vianden an der Our (Luxemburg), das jetzt begonnen werden soll, vorerst eine Leistung von 70 MW gesichert hat.

3. Der Kraftwerk- und Speicherbetrieb in Hinblick auf die hydrologischen Bedingungen

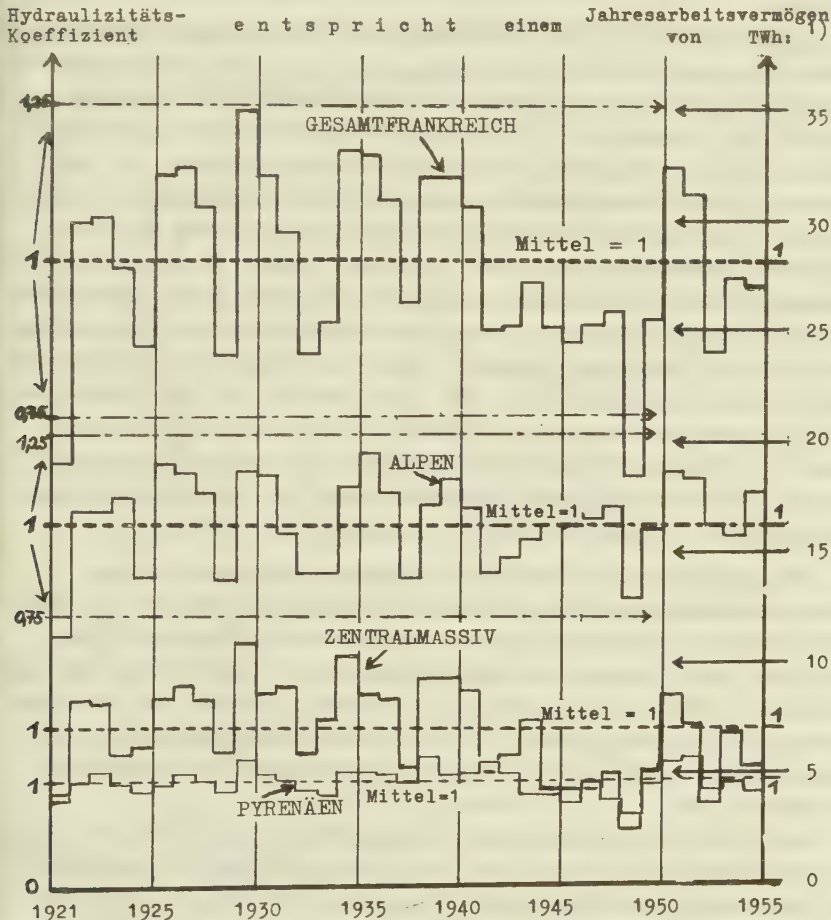
In den vorangegangenen Ausführungen ist gezeigt worden, welche Entwicklung der Wasserkraftausbau bis in das Jahr 1956 hinein genommen hat. Die Praxis der Wasserkraftwirtschaft wird jedoch nicht allein durch die geschaffenen energietechnischen Einrichtungen bestimmt. Ihre Wertschöpfung, die Stromdarbietung, ist mehr als in anderen Industrien von den jeweils wirksamen und im voraus nicht berechenbaren Einflüssen des Faktors Natur abhängig. Die Wasserführungsverhältnisse können zwar, je nach den Speicherkapazitäten, von Menschenhand mehr oder weniger verbessert werden, solange es sich um Verschiebungen kurz- oder mittelfristiger Art handelt; die Möglichkeiten, die Jahresdarbietung als Ganzes entscheidend zu beeinflussen und so in der Nähe eines mittleren Wertes zu halten, sind jedoch nur in den seltensten Fällen gegeben. Frankreich scheint von Natur aus außerordentlich begünstigt zu sein, da es über drei Wasserkraftgebiete verfügt, deren hydrologische Bedingungen verschiedenartig sind. Dieser Faktor wird bei flüchtiger Betrachtung gern überschätzt. 1)

Aus der anschließenden Abbildung geht hervor, daß bisher ein Ausgleich nur in einzelnen Jahren und in sehr beschränktem Umfang eintrat. Gerade in den anormal trockenen Perioden 1921 und 1949 bestanden die zwischengebietlichen Unterschiede nur darin, daß die regionalen Hydraulizitätskoeffizienten verschieden weit unter der Einheit lagen, nämlich 1921: 0,55 bis 0,88 und 1949: 0,35 bis 0,79. Eine eingehendere Analyse der jährlichen Koeffizienten von 35 Jahren führt zu teilweise recht ernüchternden Ergebnissen: die durchschnittliche Abweichung der Wasserführung vom Mittelwert ist in den Pyrenäen mit 9,5 % am geringsten; es folgen die Alpen (mit Jura, Rhein und Rhône) mit 11,5 %. Die noch größere mittlere Schwankungsbreite aller Gebiete zusammen (12,5 %) wird durch das Zentralmassiv hervorgerufen, in dem die mittlere jährliche Abweichung vom Normalwert mit 23 % doppelt so hoch wie in den Alpen liegt 2). Hinsichtlich der Jahres-

1) Die Auswirkungen des Speicherbetriebs werden vorläufig noch außer acht gelassen.

2) Zu beachten ist in diesem Zusammenhang der Ausgleich durch verstärkte Schmelze der Alpen- und Pyrenäen-Gletscher während trockener und sonniger Jahre.

darbietung ist also festzustellen, daß sich die natürlichen Bedingungen im Zentralmassiv auf den Ausgleich der Gesamtbilanz wenig günstig auswirken.



1) Hier wird für alle Jahre der Ausbau vom 1. Jan. 1956 unterstellt.

Abb. 29: Hydraulizitätskoeffizienten in den Jahren 1921 bis 1955

In welchem geringem Maße ein zwischenjähriger Ausgleich stattfindet, geht ferner aus der Tatsache hervor, daß in den neun Jahren, in denen der Hydraulizitätskoeffizient für die Alpen 10 % oder mehr unter die Einheit sank (ein Viertel aller Jahre zwischen 1921 und 1955), nur dreimal eines der übrigen

Gebiete eine überdurchschnittliche Wasserführung aufzuweisen hatte, was wiederum nur zweimal zu einer Aufbesserung des Gesamtkoeffizienten um wenige Hundertteile (auf 0,89 und 0,91) führte.

Andererseits lag die Darbietung des Zentralmassivs zwölfmal, also in einem Drittel aller Jahre, 20 % oder mehr unter dem Mittelwert. Die hydrologischen Verhältnisse in den Pyrenäen wirkten nur zweimal in übernormaler Weise auf den Ausgleich, ohne jedoch das Ergebnis nennenswert zu beeinflussen. In fünf anderen Jahren waren überdurchschnittliche Abflussmengen in den Alpen zu beobachten, die eine gewisse Erleichterung mit sich brachten. Wesentlich ist, daß in keinem dieser 12 Jahre der Gesamtkoeffizient die Einheit erreichte. Es darf daher angenommen werden, daß in Jahren, in denen die Koeffizienten der Alpen unter 0,9 oder des Zentralmassivs unter 0,8 liegen — und das ist in 35 Jahren immerhin 16mal der Fall gewesen — mit einer normalen Gesamtdarbietung von vornherein nicht gerechnet werden darf ¹⁾, da sich die zwischenjährlichen Abflussschwankungen in diesen beiden wichtigsten Wasserkraftgebieten infolge der meteorologischen Bedingungen als zu gleichförmig erweisen.

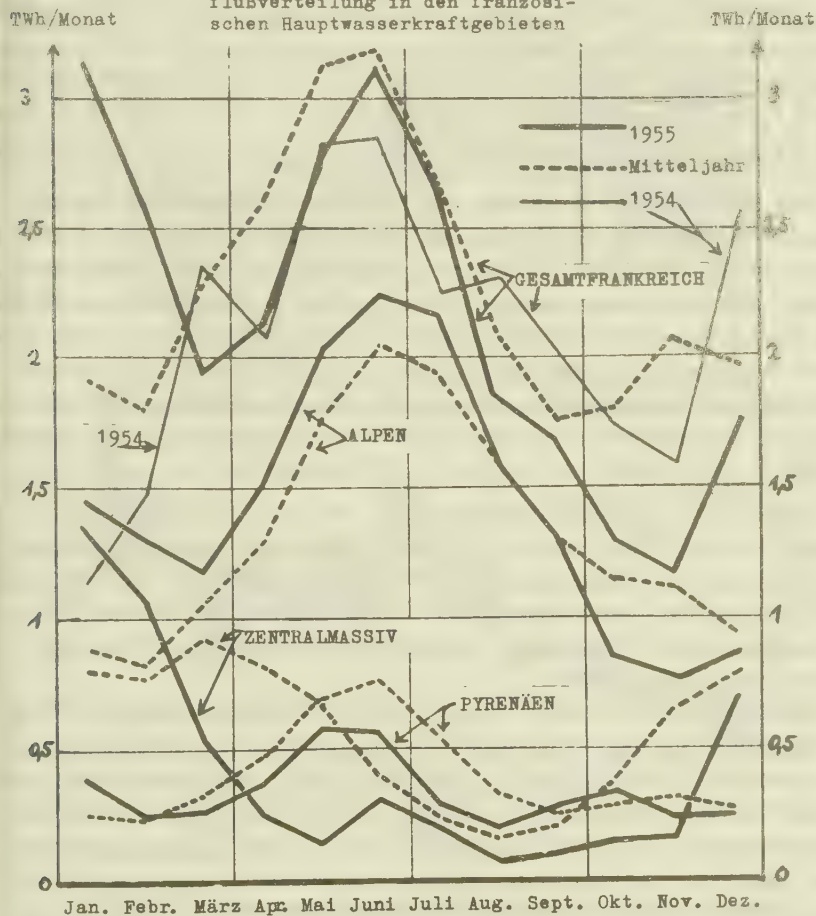
Die mangelnde hydrologische Ergänzung der französischen Haupteerzeugungsgebiete untereinander könnte in zahlreichen ähnlich gewählten Zahlenbeispielen veranschaulicht werden. Wenn hier die Verhältnisse der ungünstigen Jahre näher dargelegt worden sind, dann nur deswegen, weil gerade in diesen Fällen eines Gesamtkoeffizienten unter 0,90 bis 0,95 ein zwischengebietlicher Ausgleich für die Elektrizitätswirtschaft von besonderem Interesse ist.

Wenn auch ein naturbedingter Ausgleich hinsichtlich der Jahresdarbietung nur selten oder sehr unvollständig zustandekommt, so laufen die innerjährlichen Diagramme, wie die folgende Abbildung zeigt, doch insofern etwas günstiger, als sich die Alpen und das Zentralmassiv im Normaljahr recht gut ergänzen. Da das Regime der Pyrenäen-Flüsse dem der alpinen sehr ähnlich und in seinen Schwankungen noch ausgeprägter ist, geht die ausgleichende Wirkung des Zentralmassivs in einer graphischen Darstellung etwas verloren; wenige Verhältniszahlen gestatten jedoch,

1) Das günstigste Jahr dieser Art war 1955 mit 0,96 (Zentralmassiv 0,75; Pyrenäen 0,84; Alpen 1,08).

Die Ausgleichswirkung in klarer Weise zu veranschaulichen. Die niedrigsten und höchsten Monatsdarbietungen aller französischen Wasserkräfte verhalten sich im Mitteljahr 'nur' wie 2 : 3,5 , während das entsprechende Verhältnis für die Alpen 2 : 5 , für die Pyrenäen 2 : 7 und für das Zentralmassiv sogar 2 : 9 lautet.

Abbildung 30: Innerjährliche Abflußverteilung in den französischen Hauptwasserkraftgebieten



Aus obiger Abbildung geht ebenfalls hervor, wie unterschiedlich sich die Abflußverteilung in den Jahren 1954 und 1955 gestaltete, deren beider Verlauf durch eine knapp unter dem

Normalwert liegende Jahresdarbietung gekennzeichnet war. Tendenziell nahm der monatliche Hydraulizitätskoeffizient gegen Ende des Jahres 1955 stark ab, während im Vorjahr ein umgekehrter Trend sichtbar geworden war und 1956 das Maximum in die wasserführungsmäßig ohnehin begünstigte Jahresmitte fiel: 1)

	Monatliche Gesamt-Hydraulizitätskoeffizienten 1953 bis 1956											
	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
1953	0,79	0,74	0,77	0,88	0,89	0,94	1,08	0,90	0,85	1,03	0,70	0,60
1954	0,63	0,86	1,08	0,88	0,95	0,95	0,86	1,15	1,22	1,01	0,78	1,33
1955	1,67	1,46	0,86	0,83	0,87	0,98	0,99	0,89	0,95	0,72	0,54	0,90
1956	1,14	0,69	0,72	0,81	0,99	0,97	1,1	1,18	1,45	1	0,69	0,63

1954 kann hinsichtlich der regionalen und saisonalen Verteilung der Darbietung sowie seinem Gesamtkoeffizienten (= 0,97) nach als das dem Regeljahr am nächsten kommende Jahr bezeichnet werden, das bis heute nach hydrologisch-wasserkraftwirtschaftlichen Gesichtspunkten erfaßt worden ist. In welchem Maße sich die jährlichen Koeffizienten bei einer Jahreseinteilung nach hydrologischen Gesichtspunkten ändern und vergleichmäßigen würden, läßt sich anhand der gebrachten Aufstellung erahnen, kann jedoch im Rahmen der gestellten Aufgabe nicht untersucht werden.

Aufgabe der folgenden Ausführungen ist es, die Rolle aufzuzeigen, die der Speicherbetrieb als Bindeglied zwischen den natürlichen Abflußbedingungen und der tatsächlichen Stromerzeugung auszufüllen hat. Dabei werden die Verhältnisse des Jahres 1955 zum Ausgangspunkt genommen, jedoch nicht, ohne Vergleiche mit anderen Jahren zu ziehen.

Die folgende Abbildung vermittelt ein anschauliches Bild von der Funktion und vom Betrieb aller Langspeicher, deren Nenninhalt nahezu 3,3 TWh beträgt. Durch die gegen Ende 1954 erreichte 80%ige Füllung der Reserven und die außergewöhnlich reichliche Wasserführung Anfang 1955 konnte der Füllungsgrad bis Mitte Februar über 75 % und bis Anfang April über den bisher erzielten Maximalwerten gehalten werden. Trotz des trockenen Sommers war es möglich, die Reserven bis fast 90 % aufzufüllen; dann begann allerdings schon sehr frühzeitig, gegen Ende August die fortlau-

1) E.D.F.-Statistiken 1954-1956; diese Abweichungen vom Mittelwert sind keine saisonalen Veränderungen, da der monatliche Normalkoeffizient diese jeweils schon berücksichtigt.

stehende Absenkung der Speicherseen bis Mitte Dezember, wobei das Mittel der Jahre 1938-1954 leicht unterschritten wurde. Glücklicherweise stiegen die Abflüsse gegen Ende des Jahres erheblich an, so daß bis zum Einbruch der säkularen Kältewelle im Februar 1956 der Speicherfüllungskoeffizient bei nahezu 60 % gehalten werden konnte.

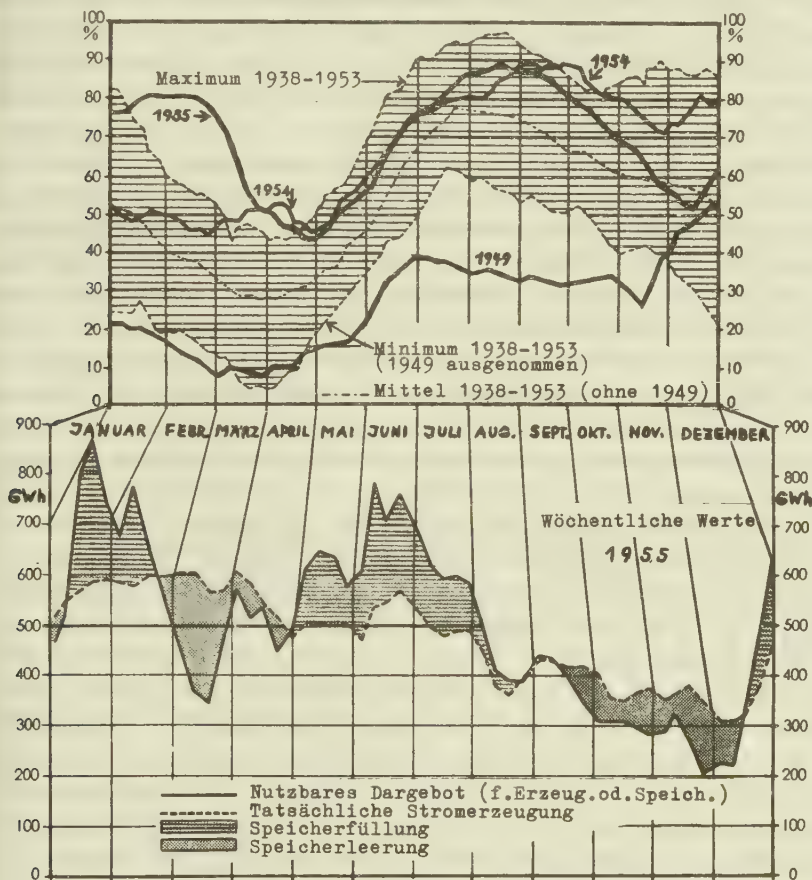


Abbildung 31: Speicherfüllungsgrad in den Jahren 1954 und 1955 (oben) und Einsatz der Speicherreserven 1955 (unten)

Wenn schon seit 1950 die Speicherkoeffizienten fast durchweg über den seit 1938 beobachteten Durchschnittswerten liegen, so darf die Ursache dafür neben der nun allgemein besseren Wasserführung hauptsächlich in den Betriebserleichterungen gesucht

werden, die durch den Speicherausbau und durch das auf diese Weise erhöhte relative Speichervermögen gegeben waren. Ferner ist anzunehmen, daß auch rationellere Methoden beim Speicher- und Verbundbetrieb zu dieser erfreulichen und vorläufig anhaltenden Entwicklung beigetragen haben.

Wie verschiedenartig in energiewirtschaftlicher Hinsicht zwei Jahre einzustufen sind, deren Gesamtwasserführung sich als theoretisch gleichwertig angeben läßt ¹⁾, zeigen die jährlichen Speicherbilanzen von 1954 und 1955. 1954 mit seiner im ganzen recht ausgeglichenen Abflußverteilung wies am Jahresende um 0,8 TWh höhere Energiereserven als am 1. Januar auf, während das folgende Jahr wegen seines trockeneren Herbstes mit einem negativen Saldo von 0,5 TWh abschloß. Dieses Ergebnis muß allerdings auch unter dem Blickwinkel steigender Verbrauchsanforderungen und gleichzeitig stagnierenden Kraftwerksausbaues gesehen werden, da die um fast 0,5 TWh höheren Überlaufverluste des Jahres 1955 den großen Unterschied nicht allein erklären.

Wie der untere Teil der vorangegangenen Abbildung erkennen läßt, wird auch in einem Jahr mit so langandauernden und ausgeprägten Abflußschwankungen wie 1955 das Erzeugungsdiagramm beträchtlich eingeebnet. Von einer vollständigen Regulierung kann jedoch angesichts der Verhältnisse in den Herbstmonaten keinesfalls gesprochen werden. Immerhin wurde die wöchentliche Produktion stets über 300 GWh, meist jedoch über 400 GWh gehalten, obwohl die natürliche Darbietung in den kritischsten Tagen nur 200 bis 300 GWh/Woche entsprach. Die thermischen Kraftwerke, deren Erzeugung bis Ende Juli an keinem Tag die Wasserkraftdarbietung übertraf, mußten ab August fortwährend gesteigerte Leistungen ausfahren, um den Verbrauchsanforderungen zu entsprechen.

Das 'Abschneiden' der hohen Abflußspitzen hingegen hat wenig Einfluß auf die tatsächliche Stromerzeugung, weil das französische Netz ohnehin nicht in der Lage ist, mehr als 700 GWh Wasserkraftstrom wöchentlich (etwa 100 GWh pro Tag) dem Verbrauch zuzuführen. So stand der im Verhältnis von fast 1 : 6 schwankenden natürlichen Wasserdarbietung (entsprechend 25 und 142 TWh/Tag) eine Stromerzeugung gegenüber, die mit 95 GWh nur zwei Drittel der Höchstwasserführung ausnutzte, andererseits infolge

1) Koeffizient 1955: 0,96; 1954: 0,97; dieser Unterschied entspricht einer elektrischen Arbeit von rund 0,3 TWh.

des Einsatzes der Speicherreserven kaum unter 45 GWh gesunken ist (Verhältnis 1 : 2).

An der zwischen- und innerwöchentlichen Regulierung der Erzeugung sind die Kurzzeitspeicher wesentlich beteiligt; es liegen allerdings keine näheren Angaben vor, die ein Bild von deren Einsatzweise vermitteln könnten. Es darf angenommen werden, daß sie in dem durch je zwei länger anhaltende Perioden hoher bzw. niedriger Abflüsse gekennzeichneten Jahr 1955 nicht in dem Maße eingesetzt werden konnten wie im Vorjahr, das zahlreiche Spitzen nach oben und unten aufzuweisen gehabt hatte.

Ein Kriterium, das die Unregelmäßigkeiten der Wasserführung ebenso wie die mangelnden Speicherkapazitäten beleuchtet, geben die im Zusammenhang mit den begrenzten Übertragungs- und Verbrauchsmöglichkeiten unvermeidlichen und periodisch wie regional außerordentlich stark schwankenden Wasserüberlaufverluste, die 1955 besonders hoch waren und mit 835 GWh etwa der Jahresarbeit eines großen Werkes am Rhein-Seitenkanal entsprachen. Die anschließende Vergleichsübersicht gliedert die Überlaufmengen der Jahre 1954 und 1955, die in Hundertteilen der hydraulischen Regionaldarbietung angegeben werden, nach Monaten und enthält außerdem die Werte für Gesamtfrankreich, ausgedrückt in elektrischer Arbeit:

MONAT	Überlaufverluste in v. H. der Erzeugung						(in TWh)			
	A L P E N		ZENTR.-M.		PYRENAEN		INSGESAMT			
	1954	1955	1954	1955	1954	1955	1954	1955		
Jan.	0,3	5,7	-	27,5	0,3	18	0,2	15,3	3	383
Febr.	0,6	3,9	-	18,3	1	1,2	0,4	9,2	7	218
März	1,1	0,6	1,8	0,1	1,4	0,4	1,5	0,4	31	10
April	0,7	0,7	1,1	0,3	0,8	0,3	0,8	0,6	18	13
Mai	2	2,7	0,6	0,8	2,1	0,6	1,7	2,2	40	50
Juni	3,5	4,2	0,5	0,6	3,2	2,1	3,1	3,6	69	83
Juli	1,5	1,7	1,2	0,2	1,1	1,1	1,4	1,6	28	34
Aug.	8	1	5	0,4	0,4	0,9	6,6	0,9	120	17
Sept.	2,2	1,3	1	0,2	0,1	0,6	1,7	1,1	33	19
Okt.	0,6	0,1	0,2	0,2	0,3	-	0,5	0,1	10	2
Nov.	0,6	-	0,2	0,1	-	-	0,4	-	6	1
Dez.	1	0,1	0,5	0,8	1,1	0,1	0,9	0,3	20	5
ZUS.:	2	2	0,9	9,6	1,2	2,1	1,6	3,4	386	835

Wie bei der Wasserführung sind es auch hier wieder die Monate Januar und Februar, die 1955 hervortreten: mit 383 bzw. 218 GWh beziffern sich deren Energieverluste, die allein schon die Steigerung des Jahreswertes um mehr als 100 % erklären; denn während der übrigen Monate sind die Überlaufmengen des Vorjahres meist nicht erreicht worden. Bemerkenswert sind die stark überhöhten Januar-Überläufe im Zentralmassiv und in den Pyrenäen, die neben den geringen Werten der übrigen Monate sowie des Vorjahres besonders hervortreten. Verhältnismäßig kleiner sind die Abweichungen im Gebiet der Alpen, vor allem wenn man die Jahreswerte zugrundelegt (1953: 3,3 % ; 1956: 0,86 %).

Nun sind derartig hohe Überlaufverluste, wie sie Anfang 1955 unvermeidbar waren, nur teilweise auf mangelnde Speicherkapazitäten zurückzuführen, zumal der Reservoirbedarf nicht an extremen Wasserführungsbedingungen bemessen werden kann. Es spielen vielmehr auch betriebsbedingte Faktoren mit, die sich nicht zuletzt wieder aus den jahreszeitlichen Verhältnissen und aus den vorangegangenen hydrologischen Gegebenheiten erklären lassen. Anfang 1955 waren die Langspeicher im Durchschnitt zu 80 % gefüllt. Das schloß nicht aus, daß der verfügbare Stauraum in verschiedenen Fällen restlos ausgenutzt war und das sehr reichliche Dargebot nur noch im Laufbetrieb abgearbeitet werden konnte. In besonderem Maße traf das für die Kurzspeicherwerke zu, da schon die Dezember-Wasserführung in allen Gebieten weit über den Mittelwert gestiegen war. Schließlich bestehen an vielen Flüssen zuwenig Speichermöglichkeiten, um eine nennenswerte Verschiebung der Stromerzeugung zu erlauben.

Es ist also nicht verwunderlich, daß in den ersten beiden Monaten des Jahres 1955, die eine einer durchschnittlichen Leistung von etwa 4 GW entsprechende Wasserdarbietung aufwiesen, vor allem während der Schwachlastzeiten (Täler bis auf 3 GW herab) erhebliche Überlaufverluste nicht zu vermeiden waren. Selbst wenn man von verbundbetrieblichen Gesichtspunkten einmal absieht, lassen sich in einer solchen Situation zahlreiche Wärmekraftwerke nicht beliebig drosseln oder gar stilllegen, da ja wenige Stunden später schon wieder Leistungen um 4 GW auszufahren sind. Die thermische Mindestlast kann daher im französischen Netz kurzzeitig kaum unter 1,5 GW sinken. Bei einer im

Januar und Februar 1955 häufig, an arbeitsfreien Tagen sogar tagsüber unterschrittenen Gesamtlast von 3,5 GW läßt sich un-
schwer ermessen, welcher Spielraum noch für die Verwendung von
Laufwasserkraft bleibt, die in diesen beiden Monaten nur wäh-
rend einiger Tage unter 75 GWh (Leistung 3 GW) lag.

Wie sich die Abflußverhältnisse und damit auch die Energie-
verluste durch Wasserüberlauf in der Stromerzeugung widerspie-
geln, soll anhand von Produktionsziffern einiger wichtiger Wer-
ke gezeigt werden.

Die Hochwasserführung im Januar und Februar und die außeror-
dentlich ungleichmäßige innerjährliche Abflußverteilung im Zen-
tralmassiv 1) brachten es mit sich, daß die wichtigen Anlagen,
auch Langspeicherwerke, mit ihrer Jahresarbeit weit mehr, als
es der Jahreskoeffizient (0,75) erwarten ließe, unter dem
Mittel blieben: Sarrans/Brommat 600 statt 1000 GWh; Chastang
300 statt 500 GWh; l'Aigle 300 statt 460 GWh; Marèges 160 statt
330 GWh; Bort 215 statt 300 GWh; Lamativie 113 statt 200 GWh.

Ähnliches gilt für die beiden großen Werke an der Rhône,
Génissiat und André Blondel, in denen die Wasserdarbietung
(Jahreskoeffizient 1,05) zu knapp 90 % ausgenutzt werden konn-
te, so daß auch hier die Stromerzeugung unter dem Regelarbeits-
vermögen lag.

Die Darbietung in den Pyrenäen wurde, vom Januar abgesehen,
fast vollständig in den Dienst der Erzeugung gestellt; im ei-
gentlichen Alpengebiet (ohne Rhein, Rhône und Jura) konnte bei
einem Hydraulizitätskoeffizienten, der teilweise über 1,10
stieg, in verschiedenen von Speichern beeinflussten Werken (dar-
unter Malgovert mit 650 statt 500 GWh und Randens mit 570 statt
450 GWh) das mittlere Arbeitsvermögen um mehr als 25 % über-
troffen werden. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, daß
die Arbeitsvorräte der Speicher fühlbar verringert wurden.

Zum Abschluß der Untersuchungen über den Kraftwerk- und
Speicherbetrieb folgt eine vergleichende Zusammenstellung, die
einen Überblick über die Nutzbarmachung der Abflußverhältnisse
unter den jeweiligen Ausbau- und Betriebsbedingungen in den

1) Das Dargebot der Monate Januar und August verhielt sich hier
wie 20 : 1 . Verhältnis der extremen Monatswerte in den Al-
pen: Juni/November 3 : 1 (Pyrenäen: Mai/August 3 : 1) .

Jahren 1954 bis 1956 vermittelt: 1)

	1954		1955		1956	
	TWh	v.H.	TWh	v.H.	TWh	v.H.
Mittleres JAV der vorhandenen Werke	27,3	-	26,2	-	28,4	-
Jährlicher Hydraulizitätskoeffizient	0,97		0,96		0,95	
Jeweiliges Jahresarbeitsvermögen	26,5	100	27,0	100	26,8	100
Anlagen- und betriebsbedingte Energieverluste	1,0	3,7	1,1	4	0,9	3,4
Übertragungs- und verbrauchsbedingte Energieverluste durch Wasserüberlauf	0,4	1,5	0,8	3	0,2	0,8
Ausnutzung des jeweiligen JAV für Erzeugung bzw. Speicherung	25,1	94,8	25,1	93	25,7	95,8
Speicherbeitrag	-0,8	-3,1	+0,5	+2	+0,2	+0,8
STROMERZEUGUNG	24,3	91,7	25,6	95	25,9	96,6

In diesem Zusammenhang werden die Grenzen eines durch Einsatz der Speicher möglichen zwischenjährlichen Produktionsausgleiches deutlich; es kann sich immer nur um die Verschiebung gewisser Energiemengen handeln, deren Größenordnung theoretisch durch den Nennvorrat aller Speicher (über 3 TWh) gegeben ist, praktisch jedoch ein Zwanzigstel der Jahresproduktion (etwa 1,5 TWh) kaum erreichen wird, da man angesichts der ständig ungewissen Wasserführung in Zukunft mehr denn je alles daran setzen wird, am Jahresende einen Speicherfüllungsgrad über 50 % zu gewährleisten 2).

1) Zusammengestellt und berechnet nach den E.D.F.-Statistiken 1954, 1955 und 1956; die Werte sind teilweise abgerundet.

2) Seit 1949 ist der Speicherkoeffizient nur noch im Frühjahr unter die 50%-Grenze gesunken.

4. Planungen für den weiteren Wasserkraftausbau und dabei sichtbar werdende Tendenzen

Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, daß das französische Wasserkraftpotential, das unter den gegenwärtigen Verhältnissen mit rund 70 TWh jährlicher Regelarbeit beziffert werden kann, heute zu mehr als 40 % ausgebaut ist und mit dem Auslaufen des zweiten Planes zu rund 50 % für die Energieerzeugung nutzbar gemacht sein wird. Ferner hat sich ergeben, daß jeder Jahresarbeit nach die Großanlagen einerseits und — in Hinblick auf die Werkart — die Laufwasserkraftwerke andererseits überwiegen, wobei deren Gewicht in den Alpen (mit Jura, Rhein und Rhône), die mit 60 % an der nationalen Darbietung beteiligt sind, besonders stark hervortritt. Die französischen Langspeicherkapazitäten entsprechen mehr als einem Zehntel des derzeitigen Arbeitsvermögens im Mitteljahr und sind, im Gegensatz zu den Erzeugungsanlagen, gleichmäßiger auf die drei Wasserkraftgebiete verteilt. Die Pumpspeicherung schließlich spielt im Rahmen der nationalen Elektrizitätswirtschaft eine vernachlässigbar geringe Rolle. — Weitere Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, daß die Zusammenarbeit der drei hydrologisch verschiedenartigen Gebiete nur innerjährlich ausgleichend auf die Darbietung wirkt, während mit einer längerfristigen Regulierung des jährlichen Gesamtangebots nicht gerechnet werden kann. Im Hinblick auf einen zwischenjährlichen Produktionsausgleich muß auch der Speicherbetrieb versagen, da bei den französischen Verhältnissen nur eine einigermaßen befriedigende saisonale Regulierung der Erzeugung möglich ist, die immerhin beschränkte Verlagerungen zwischen aufeinanderfolgenden Kalenderjahren mit sich bringen kann.

Die Frage, welche Konzeptionen für den weiteren Wasserkraftausbau maßgebend sein müssen, läßt sich in großen Umrissen unschwer beantworten. Von allererster Bedeutung ist das Anwachsen der im Winterhalbjahr verfügbaren Spitzen- und Starklastenergie, dessen Rhythmus zumindest dem schnellen Voranschreiten des Kanalkraftwerkausbaus an Rhein und Rhône entsprechen sollte, um die Unausgeglichenheit der hydroelektrischen Produktion im ganzen möglichst zu verringern.

Für die Aufstellung der Baupläne bedeutet das, daß nicht nur Speicherwerke schlechthin zur Ausführung gelangen, sondern daß Reservoirs — vor allem Großspeicher — hydro-geographisch und technisch auf eine Weise in das sich stetig entwickelnde Produktionssystem eingebaut werden, die einen optimalen Darbiebungsausgleich auf regionaler und auch nationaler Ebene erlaubt.

Solchen mit den Bestrebungen nach Vollausbau und -regulierung umfangreicherer hydrographischer Systeme oft Hand in Hand gehenden Erfordernissen werden die Vorhaben des laufenden Ausrüstungsplanes, die nach streng wirtschaftlichen Kriterien ausgewählt worden sind, in großem Maße gerecht. Den bedeutenden Laufwasserkraftwerken, die auf Grund der erwarteten hohen Rentabilität (Fessenheim und Vogelgrün am Rhein) oder einer mehrfachen Zwecksetzung (Montélimar an der Rhône) errichtet werden und mit einer Jahresarbeit von zusammen mehr als 3 TWh etwa die Hälfte dieses Programmes darstellen, werden in der Zeit bis 1961 einige Anlagen zur Seite treten, die wie der Spitzenkraftspeicher Roselend (500 MW, 700 GWh/Speicherinhalt: 600 GWh), wie die Umleitung des oberen Arc in das Reservoir von Tignes (Produktionszuwachs: 235 GWh) und wie das Großspeicherkraftwerk Serre-Ponçon (320 MW, 700 GWh/Speicherinhalt: ab 400 GWh zunehmend) einen beträchtlichen Zuwachs an lastgemäßer Darbietung ermöglichen werden.

Es läßt sich abschätzen, daß das relative Speichervermögen innerhalb des derzeitigen Programmes bei etwa 20 % liegt, gegenüber 11 % bei der Ausrüstung am 1. Januar 1957. An ausgesprochenen Kurzspeicheranlagen des zweiten Plans sind namentlich Saint-Pierre/Cognet am Drac (230 GWh Regulararbeit) und Grangent an der Loire (105 GWh) zu nennen.

Die für den im Jahre 1957 angenommenen dritten Ausrüstungsplan vorgesehenen Wasserkraftvorhaben mit einem Jahresarbeitsvermögen von zusammen 14,5 TWh werden fast ausschließlich Laufwasserkraft- oder Kurzspeicherwerke sein. Da diese jedoch in mehreren Fällen, vor allem an Durance und Drac, der Vervollständigung von Kraftwerkstrecken mit einem durch vorhandene Reservoirs regulierten Abfluß dienen werden, darf man dennoch mit einem weiteren Anwachsen des Langzeitspeichervermögens rechnen. In der anschließend abgebildeten Übersicht über die wichtigsten Vorhaben des dritten Plans beziehen sich also die

Angaben über die Speicherkapazität fast durchweg auf die Abarbeitung der in flußaufwärts gelegenen Becken zurückgehaltenen Wasservolumen.¹⁾

P R O J E K T E	MJAV GWh	Garant. Leistg MW	Spitzen- Leistung MW	Zuwachs an Spei- cherarb. GWh	Gesamt- invest. Mrd.frs
Marckolsheim/Rhein	720	45	67	-	30,8
Sundhausen "	705	40	60	-	29,7
Gerstheim "	720	45	65	-	29,7
Monteynard/Drac	432	70	178	97	18,5
N-D de Commiers/Dr.	289	45	58	44	12
Beauvoir/Isère	200	11	11	15	5,9
Goncelin(Arc-Isère)	620	45	138	19	30,8
St-Estève/Durance	675	121	123	120	22
Mallemort "	425	80	85	90	16,5
Remollon-Curbans "	400	100	120	140	19,8
Oraison "	600	120	140	150	27,5
Sisteron "	400	80	100	45	20,9
Chassezac(Cevennen)	340	116	143	29	18,2
La Rance (Gezeiten)	820	140	280	-	35,2
Größere Werke der E.D.F. zusammen:	7350	1060	1570	750	318
Übrige Vorhaben der E.D.F. zusammen	3910	715	930	780	196
Vorhaben der C.N.R.	3300	240	390	-	über 100
I N S G E S A M T	14560	2040	2965	1530	über 620
Zweiter Plan, zum Vergleich (etwa):	6.500	1500	2000	1300	über 350

Das verhältnismäßige Speichervermögen wird innerhalb des dritten Plans mit etwa 11 % dem heute vorhandenen nahekommen, jedoch wesentlich unter demjenigen des zweiten Planes liegen.

- 1) Quelle: E.D.F.-Studienprotokoll vom 23. Mai 1956; es handelt sich insofern um vorläufige und unverbindliche Angaben, als die Verwirklichung der Vorhaben angesichts der erneut zutage tretenden binnen- und außenwirtschaftlichen Schwierigkeiten Frankreichs zumindest teilweise als zweifelhaft zu gelten hat.

Ähnliches gilt für die Angaben über die garantierte Leistung während der Winter-Starklaststunden und über die durchschnittliche, in trockenen Wintern verfügbare Leistung während der Spitzenlastzeiten; für Kriterien also, die eine recht konkrete Aussagekraft besitzen und nicht zuletzt deshalb bei der Projekteinstufung und -auswahl nach dem Wirkkoeffizienten mit zugrundegelegt werden.

Wenn es überhaupt sinnvoll sein kann, schon heute von einem vierten Modernisierungs- und Ausrüstungsplan zu sprechen, dann nur, weil man sich beim Plankommissariat schon mit den Maßnahmen beschäftigt, die sich einmal auf die Periode zwischen 1966 und 1970 auswirken werden. So sei an dieser Stelle doch vermerkt, daß von den ab 1961 durchzuführenden Vorhaben einige an erster Stelle stehen, die in Verbindung mit den vorhandenen Werken eine außerordentlich starke Erhöhung der Speicherquote in den betreffenden Gebieten erwarten lassen: 1)

P R O J E K T	Arbeits- vermögen	Speicherinhalt (geschätzt)
Mont-Cenis/Orelle (ob.Arc)	780 GWh	über 1000 GWh
Hermillon (mittlerer Arc)	500 GWh	- ?
Froges (Belledonne-Kette)	600 GWh	ca. 600 GWh
Montpezat C (Cevennen)	650 GWh	ca. 250 GWh
Salon/St-Chamas (Durance-Méditerranée)	800 GWh	ca. 150 GWh
Z U S A M M E N	3300 GWh	ca. 2000 GWh

Es liegen keine Angaben darüber vor, welche Gesamtstruktur der vierte Plan haben wird. Anhand der angeführten Daten über Vorhaben der verschiedenen Ausrüstungspläne läßt sich überdies ersehen, daß kein Ausbauprogramm für sich allein ausreichend ist, um Richtung und Struktur des zukünftigen Wasserkraftausbaus genau beurteilen zu lassen. Es zeigt sich insbesondere, daß infolge der Aufteilung von größeren Vollausbauvorhaben auf mehrere Programme die Proportionen innerhalb eines einzigen Planes leicht verfälscht werden können.

Was die Baukosten betrifft, soll festgehalten werden, daß die Investition pro jährlich erzeugbarer Kilowattstunde mit

1) E.D.F.-Studienprotokoll (op.cit.) und Schätzungen.

rund 45 frs für den dritten Plan niedriger veranschlagt worden ist als für das derzeitige Programm, dessen qualitativ höherwertige Arbeitskapazitäten immerhin einen Satz von mehr als 55 frs pro kWh bedingen. An anderer Stelle wurde schon darauf hingewiesen, daß die günstigeren technischen und wirtschaftlichen Umstände heute einen im Vergleich zum Monnet-Plan um ein Drittel billigeren Kraftwerkbau ermöglichen. Gegenüber einem entsprechenden Wärmekraftprogramm, das die Einfuhr von amerikanischer Kohle voraussetzt, ist für die Wasserkraftvorhaben des dritten Planes eine ausgezeichnete Rentabilität zu erwarten 1).

Hinsichtlich der zukünftigen Verteilung der hydraulischen Stromerzeugung nach Gebieten läßt sich die in den Ausführungen über das Wasserkraftpotential geäußerte Vermutung, daß sich die Vorrangstellung der Alpen nur noch mehr ausprägen würde, voll bestätigen, soweit die wesentlichen Züge der Ausrüstungspläne zugrundegelegt werden. Schon nach Beendigung der Operationen des zweiten Plans wird der Anteil der Alpen deutlich über 60 % liegen, und wenn 1965/66 der dritte Plan zu Ende gehen wird, dürften in den Alpen (mit Rhein und Rhône) gut zwei Drittel der nationalen Wasserkraftdarbietung anfallen, gegenüber einem knappen Fünftel im Zentralmassiv 2) und einem kleinen Sechstel in den Pyrenäen.

- 1) Für eine für den dritten Plan repräsentative Wasserkraft-Ausbautranche (drei Werke mit zusammen 1,1 TWh Regelarbeitsvermögen und 265 MW 'garantierter Leistung') werden in einem E.D.F.-Studienprotokoll vom 2. Juli 1956 folgende Vergleichswerte angegeben:

Wasserkraft-Investition, mit Korrektur für Mehrinvestition im Übertragungsnetz	44 Mrd.frs
Entsprechende Wärmekraft-Investition (für drei 115/125 MW-Maschinensätze)	17 Mrd.frs
Mehrinvestition bei hydraulischem Ausbau	27 Mrd.frs

Dieser zusätzliche Kapitaleinsatz führt infolge der Brennstoff- und Betriebskostensparnis jährlich zu einem Minderaufwand von rund 2,5 Mrd.frs. Unter Berücksichtigung der doppelten Lebensdauer der Wasserkraftanlagen und anderer Korrekturen rechnet die angegebene Studie mit einer zwischen 8 und 10 % liegenden Grenzrentabilität der Wasserkraftsubstitution.

- 2) Erst für den vierten Plan ist wieder mit größeren Bauvorhaben in diesem Wasserkraftgebiet zu rechnen, wie beispielsweise mit der Verwirklichung von Montpezat C (Cevennen).

Aus den bisherigen Darlegungen ging ebenfalls hervor, daß die Schaffung größerer Speicherkapazitäten vorerst fast ausschließlich auf die Alpen beschränkt sein wird. Die Folge wird sein, daß dieses Gebiet die übrigen Gebirgsregionen in Hinblick auf das Speichervermögen nicht nur absolut, sondern auch relativ überholen wird. — Interessant und zukunftsweisend ist in diesem Zusammenhang die energiewirtschaftliche 'Entdeckung' der Cevennen-Wasserscheide, die erst im letzten Halbjahrzehnt mit der Errichtung des Speicherkraftsystems von Montpezat begonnen hat und auf dem besten Wege ist, zu einem hydroelektrischen Schwerpunkt besonderer Art zu werden. Im Projektstadium befinden sich vier Systeme, die Abflussmengen aus den Quellgebieten von Loire, Allier, Lot und Tarn der Energiespeicherung und -erzeugung am steilen Südostabfall der Cevennen nutzbar machen und damit über die untere Rhône dem Mittelmeer zuführen sollen.

Die Umleitung umfangreicher Fließmengen in fremde Einzugsgebiete ist ein immer häufiger angewandtes Mittel geworden, um günstige Speicherbecken und hohe Gefällestufen der Elektrizitätswirtschaft dienstbar zu machen. Nicht so naturumwälgend, jedoch oft kaum weniger bedeutend als die Cevennen-Durchstiche sind andere, schon vollendete, im Bau befindliche oder erst projektierte Systeme dieser Art, wie beispielsweise ¹⁾: Le Pouget (Aveyron → Tarn) 1952; Pragnères (Garonne → Gave de Pau) 1954; Randens (Isère → Arc) 1954; oberer Arc → Isère/Tignes (noch im Bau); Goncelin (unterer Arc → Isère) Projekt; Saint-Etienne (Verdon → Tinée) Projekt.

In Hinblick auf technische Entwicklungstendenzen sei auf die gewicht- und raumsparenden Methoden hingewiesen, die in besonderem Maße beim Stauwandbau zum Ausdruck kommen. Die Gewichtsbauweise ist in den letzten Jahren vollständig verlassen worden; neben der schlanken Bogenstauwand in ihrer reinen Form finden kompliziertere Wölbungstechniken, wie Stützpfeilerwand und Mehrfachgewölbe mehr und mehr Eingang in die Praxis. Natursteindämme kommen auch weiterhin in hoch- und abgelegenen Gebieten, wie beispielsweise in den Pyrenäen, in Frage, während sich die Errichtung größerer Erdschüttdämme auf Spezialfälle (Serre-Ponçon/Durance, N-D-de-Commiers/Drac) zu beschränken pflegt.

1) Pilotsystem dieser Art: Walchensee-Komplex (Isar → Loisach).

Bei der elektromechanischen Ausrüstung hat die räumlich-axiale Zusammenziehung von Turbine und Generator große Fortschritte gemacht, wie sich an vielen Beispielen zeigen ließe. Die Entwicklung verschiedener Typen von Rohrturbinen mit horizontaler Achse, die inzwischen in das Stadium praktischer Erprobung eingetreten sind, eröffnet darüber hinaus kaum überschaubare Perspektiven für die zukünftige Ausnutzung geringster Gefälle mit beschränkten Ausbauwassermengen in automatischen Kleinmaschinensätzen, deren Herstellung in genormten Klassen ins Auge gefaßt werden kann.

Bei den Kraftwerken selbst ist der Zug zur Kavernen-Zentrale unverkennbar, zu einer Bauform also, die bei bestimmten geologischen und reliefmäßigen Voraussetzungen wesentliche Ersparnisse hinsichtlich der Stollenführung und auch bei der späteren Unterhaltung aller Bauten erlaubt. Nach den Werken von Brommat (1938), Randens und Montpezat (1954) ist die unterirdische Bauweise bei den folgenden Projekten vorgesehen: Roselend, Montpezat C, Serre-Ponçon, St-Pierre-Cognet, Valabres und Hautefage. Wenn im Einzelfall ein Kostenvergleich nicht eindeutig zugunsten einer der Bauweisen ausfällt, wird, wie Direktor Rousselier in seiner Studie angibt ¹⁾, aus Sicherheitsgründen die unterirdische Anordnung vorgezogen.

Interessant ist, daß die in Deutschland bei den Inn-Kraftstufen und in den Vereinigten Staaten häufig anzutreffenden Kraftwerke in Flachbauweise in die französische Praxis noch keinen Eingang gefunden haben, obwohl die klimatischen Verhältnisse dem meist nicht entgegenstehen. Immerhin soll dieser Typ jetzt 'versuchsweise' bei dem Vorhaben "Durance-Méditerranée" zur Anwendung kommen. Die drei ersten Werke an der unteren Durance mit zusammen 1,4 TWh jährlichen Arbeitsvermögens werden — und das ist in anderer Hinsicht bemerkenswert — automatisch und für Fernsteuerung eingerichtet. Diese im Bestehen begriffene Anlagen-gruppe spiegelt im Bereich der Energiewirtschaft Tendenzen wider, die in einigen anderen Industrien schon in den letzten Jahren zu einer weitgehenden Steuerung und automatischen Kontrolle des gesamten Betriebsablaufes geführt haben.

1) M. Rousselier, L'évolution des projets..., op.cit. S. 75



A U S B L I C K

Als bemerkenswert und als charakteristisch gerade für die französische Elektrizitätswirtschaft sei zu Beginn dieser abschließenden Ausführungen hervorgehoben, daß im Lauf der vergangenen 50 Jahre sich die Erzeugungsanteile der Wärme- und Wasserkraftwerke trotz verschiedenartiger exogener Einflüsse und Störungen im großen und ganzen die Waage hielten. Die Thermik hatte — die Jahre um den ersten Weltkrieg ausgenommen — bis 1935 einen leichten Vorsprung bewahrt, während ihr Beitrag danach nur in den Jahren 1948 und 1949 und schließlich wieder 1956 fühlbar über der Wasserkraftdarbietung lag. Die Summierung der Gesamtproduktion jedes der beiden Sektoren zwischen 1925 und 1955 führt sogar zu einer bis auf wenige Hundertteile ausgeglichenen Bilanz.

Es erhebt sich die Frage, inwieweit auch für die Zukunft mit der Aufrechterhaltung einer ähnlichen Produktionsstruktur gerechnet werden kann. Die folgenden Darlegungen sollen daher auf die weitere Entwicklung und auf die hauptsächlichen Tendenzen in der Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaft eingehen, so wie sie sich für das Zeitalter des Übergangs zur Kernenergienutzung voraussehen und abschätzen lassen.

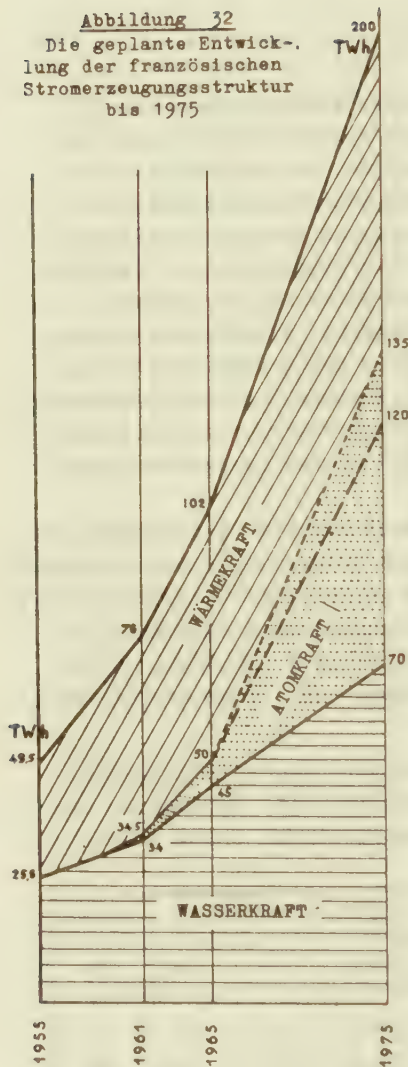
Der Bericht des Plankommissariats über den dritten Modernisierungs- und Ausrüstungsplan enthält folgende Schätzungen über den Elektrizitätsbedarf und seine Befriedigung in den Jahren 1965 und 1975 ¹⁾:

(Alle Angaben in TWh)	1955	1956	1961	1965	1975
GESAMTABNAHME (Verbr.+ Verl.)	49,5	53,8	76	102	200
ERZEUGUNG DURCH:					
Wasserkraft	25,6	25,8	34	45	70
Wärmekraft	23,9	28,0	41,5	52	80
Atomkraft	-	-	0,5	5	50

- 1) Rapport Général de la Commission de l'Energie du Troisième Plan, R.F.E. Juni 1957, S. 526 u.a.; vgl. hierzu auch die Untersuchungen des Verfassers in seiner neuesten Studie "Les problèmes énergétiques de la France (et de l'Allemagne) face à l'énergie nucléaire et à l'EURATOM", Centre Européen Universitaire de Nancy, Oktober 1957.

Abbildung 32

Die geplante Entwicklung der französischen Stromerzeugungsstruktur bis 1975



Nach den bisher durchgeführten Berechnungen und Schätzungen muß weiterhin mit einer Zuwachsrate des Stromverbrauchs gerechnet werden, die der '10-Jahre-Regel' entspricht und daher doppelt so hoch liegt wie die des Gesamtbedarfs an Primärenergie. In dieser Tendenz kommt vor allem die Tatsache zum Ausdruck, daß die Anwendung der veredelten elektrischen Energie verhältnismäßig sehr viel schneller zunimmt als beispielsweise der Verbrauch von Steinkohle oder die industrielle Produktion 1).

Angesichts des zu erwartenden Bedarfsanstiegs und der sich gerade in der Übergangszeit bis zum Großeinsatz von Atomkraftwerken zuspitzenden Energieversorgungslage muß die Fortführung des Wasserkraftausbaus in dem vorgesehenen Umfang (etwa 2,5 TWh jährlich) als an der unteren Grenze des Wünschenswerten liegend bezeichnet werden; allerdings trägt dieser Baurhythmus, der die Ausnutzung aller hochrentablen Wasserkräfte bis 1975 gewährleisten würde, auch der Leistungsfähigkeit der französischen Ausrüstungsgüterindustrie Rechnung

und scheint, nach Angaben des Plandokuments, optimale Ergebnisse in rentabilitätsmäßiger Hinsicht zu versprechen.

- 1) In Frankreich läßt sich die Zuwachsrate des Elektrizitätsverbrauchs in einen fast regelmäßigen Satz von rd. 5 % (neue Anwendungen, Substitution usw.) und in eine Zusatzgröße zerlegen, die der relativen Veränderung der Industrieproduktion, multipliziert mit 0,4 entspricht (Ailleret, Rapp.C.E.A. 398).

Selbst in Jahren mit bester Wasserführung werden die geplanten hydroelektrischen Ausbauprojekte nicht genügen, um den 50%-Anteil der Wasserkraftwerke an der französischen Stromerzeugung aufrechtzuerhalten; das noch 1955 vorhandene leichte Übergewicht der weißen Kohle wird im Laufe der nächsten Jahre soweit verschwinden, daß ihr Anteil nach 1965 auf 40 % sinken und 1975 nur noch zwischen 30 und 35 % liegen wird.

Auf dem 'klassischen' Wärmekraftsektor, dessen Programm sich gewissermaßen aus der Differenz zwischen Wasser- und Atomkraftdarbietung und den Verbrauchsanforderungen ergibt, sollen im Rahmen des dritten Plans Kapazitäten errichtet werden, die dem Äquivalent von etwa 40 115/125 MW-Maschinensätzen entsprechen. Die Installierung von zahlreichen 250 MW-Blockeinheiten läßt weitere Brennstoff- und Betriebskostensparnisse erwarten, so daß der mittlere Brennstoffverbrauch pro erzeugte Kilowattstunde, der 1955 noch fast 700 g Steinkohle-Äquivalent erreichte, auf etwa 500 g im Jahr 1965 sinken kann.

Auf dem Gebiet der Kernenergienutzung macht das 'Commissariat à l'Energie Atomique' in Zusammenarbeit mit der E.D.F. große Anstrengungen, um diese neue Energie wirtschaftlich und in naher Zukunft in den Dienst der Elektrizitätserzeugung zu stellen. Der erste französische Leistungsreaktor G 1, graphitmoderiert und luftgekühlt, wurde noch 1956 in Marcoule im Département Gard in Betrieb gesetzt. Seit Frühjahr 1957 arbeitet hier eine atomgetriebene Kraftanlage mit 5000 ekW. Die gasgekühlten Reaktoren G 2 und G 3 mit einer Leistung von je 30 eMW sollen in naher Zukunft fertiggestellt werden. Es handelt sich bei diesen Anlagen allerdings noch um Versuche, eine möglichst hohe Plutoniumausbeute zu erreichen, so daß die in Elektrizität umzuwandelnde Wärme als 'Abfallprodukt' bezeichnet werden muß. 1)

Rein energiewirtschaftlich ausgerichtet ist das Programm der E.D.F., das 1956 mit dem Baubeginn des Reaktors E.D.F. 1 bei Chinon, nahe der Mündung der Vienne in die Loire, begonnen wurde. Die Anlage mit einer Leistung von 60 eMW, die, ebenso wie

1) Ob und wann die hier anfallenden Plutoniummengen (bei Vollbetrieb 100 kg jährlich) in Brutreaktoren energiewirtschaftlich genutzt werden können, läßt sich bei dem gegenwärtigen Stand der Dinge noch nicht sagen; vgl. zu den Kernenergieproblemen die schon zitierte neuere Studie des Verfassers.

die Meiler von Marcoule, graphitmoderiert mit natürlichem Uran arbeiten wird, soll 1959/60 angefahren werden. Ende 1957 wird der Bau eines zweiten Reaktors dieser Art mit 100 MW begonnen; weitere Prototypen mit jeweils steigenden Einheitsleistungen will die E.D.F. in Zeitabständen von 18 Monaten errichten. So sieht der dritte Ausrüstungsplan, der hinsichtlich des Kernenergiesektors jedoch schon als überholt gilt, ¹⁾ für das Jahr 1965 eine verfügbare Leistung von 850 MW vor, was einer jährlichen Stromdarbietung von rund 5 TWh entspricht. Gegen 1975 soll dann die Atomenergie mit einem Viertel zu der auf 200 TWh extrapolierten Elektrizitätserzeugung beitragen.

Rentabilitätsüberlegungen sowie das Gewicht der kernenergetischen Investitionen ²⁾ veranlassen die E.D.F., sich während der atomaren Anlaufzeit der angedeuteten vorsichtigen Ausbaupolitik zuzuwenden. Das Atomenergie-Kommissariat, das einige aussichtsreiche Reaktorsysteme auf ihre industrielle Anwendbarkeit hin studiert, hofft jedoch, daß bis 1965 zusätzliche Kapazitäten von etwa 1700 MW installiert werden können. Bei solchen Planungen, die in Richtung der Vorschläge der drei 'Atomweisen' gehen, werden zweifellos die günstigen Perspektiven berücksichtigt, die eine fruchtbare europäische Zusammenarbeit im Rahmen des EURATOM auch für die französische Energiewirtschaft ergeben müßte; dennoch darf nicht vergessen werden, daß Frankreich sich heute und in Zukunft sehr ernsten finanzpolitischen und wirtschaftlichen Schwierigkeiten gegenübergestellt sieht, deren erste Auswirkungen auf den energetischen Ausbau sich schon in umfangreichen Kreditkürzungen budgetärer Art abzuzeichnen beginnen. Nicht zuletzt müßte eine Verminderung der wirtschaftlichen Aktivität die energiewirtschaftlichen Ausbauplanungen zumindest vorübergehend fühlbar beeinträchtigen.

Selbst wenn man berücksichtigt, daß viele Probleme, die sich im Zusammenhang mit dem Einsatz von Atomkraftwerken erheben, heute noch nicht gelöst sind, darf man erwarten, daß sich in 10 bis 15 Jahren die bis dahin erheblich gesunkenen Gestehungs-

- 1) Vgl. hierzu auch: Rapport Général, S. 454/455; das 850 MW-Programm stammt aus den Jahren 1955/56 und trägt den jüngsten Aspekten (vgl. Bericht der 3 Weisen) keineswegs Rechnung.
- 2) Heute noch etwa dreimal so hoch wie für klassische Wärmekraftwerke; man rechnet mit Reduzierung auf 1,5fache Höhe.

preise des Atom-Stromes einer genauen Ermittlung nicht mehr entziehen, während die Kosten der Wasserkraftnutzung progressiv steigen werden und der Ausbau von Wärmekraftwerken herkömmlicher Art durch die Brennstoffklemme mehr und mehr gebremst wird. Daß eine solche Entwicklung in besonderem Maße für Frankreich vorauszusehen ist, ergibt sich einmal aus der schon heute sehr angespannten Energiesituation, der durch wirtschaftlich aufschließbare nationale Brennstoffvorkommen nicht abgeholfen werden kann, und außerdem aus der Tatsache, daß der geplante hydroelektrische Ausbau gegen 1970 an die Grenze des wirtschaftlich nutzbaren Potentials stoßen wird. 1)

Zum Abschluß sei auf einige Elektrizitätswirtschaftliche Vorhaben internationaler Art hingewiesen, die für Frankreich von mittel- oder unmittelbarem Interesse sind.

Von der Kapazität des in nächster Zeit zu errichtenden 'europäischen' 400 MW-Pumpspeicherwerkes in Luxemburg, Vianden an der Our, hat sich die E.D.F. vorerst 70 MW gesichert, um den Spitzenlastbetrieb im Nordosten Frankreichs zu erleichtern.

Die Beteiligung an etwas entfernter liegenden Projekten, wie beispielsweise 'Interalpen' oder 'Yougelexport', würde im Rahmen des europäischen Verbunds auch der französischen Elektrizitätswirtschaft Vorteile bieten können. Schließlich könnte das von Louis Armand vorgeschlagene Vorhaben europäischer hydroelektrischer Großanlagen mit angeschlossener stromintensiver Industrie in wenig erschlossenen Wasserkraftgebieten zukünftige Bedeutung für Frankreichs Grundstoffversorgung haben, falls die planungsmäßig nahezu abgeschlossenen Großvorhaben am Konkouré (Französisch-Guinea) und am Kouilou (Mittel-Kongo) sowie das noch wesentlich gigantischere Projekt von Inga (am Unterlauf des Kongo) nicht in absehbarer Zeit zur Ausführung gelangen sollten. 2)

1) Es läßt sich gegenwärtig noch nicht absehen, inwieweit die Erdölvorkommen der Sahara für die Energieversorgung Frankreichs herangezogen werden können.

2) Vgl. hierzu auch: L. Armand, Quelques aspects du problème européen de l'énergie (O.E.E.C.), Paris 1955 sowie weitere Studien dieses Autors.



L I T E R A T U R - u n d Q U E L L E N V E R Z E I C H N I S

1. Buchliteratur

- Arbos, P. L'Auvergne, Paris 1932
- Babonneau, L. L'énergie électrique dans la région pyrénéenne, Paris 1942
- derselbe L'énergie électrique en France, Toulouse/Paris 1949
- Basiaux-Defrance, P. Quelques idées au sujet de l'équipement rationnel des chutes d'eau, Paris 1942
- Bénard, J. Vues sur l'économie et la population de la France jusqu'en 1970, Paris 1953
- Blanchard, R. Les forces hydro-électriques pendant la guerre, Paris 1923
- derselbe Les Alpes françaises, Paris 1925
- Bordeaux, L. La question du Rhône, Paris 1920
- Brunhès, J. Géographie humaine de la France, Paris 1920
- Cavaillès, H. La houille blanche, Paris 1946
- Degove/Génissieu Utilisation des forces hydrauliques, Paris 1949
- George, P. Géographie des Alpes, Paris 1942
- derselbe Géographie de l'énergie, Paris 1953
- Gex, F. Dans les Alpes françaises, Paris 1929
- Harms, H. Erdkunde in entwickelnder, anschaulicher Darstellung, Band III: Europa, 1956
- Hersent, G. Les hydrostrades de l'avenir - navigation fluviale et forces hydroélectriques, Paris 1950
- Janberry, G. L'électrification de la région pyrénéenne, Paris 1933
- Jeanneney/Colliard Economie et droit de l'électricité, Paris 1950
- Leviant, I. Aménagements hydro-électriques, Paris 1951
- Malegarie, Ch. L'électricité à Paris, Paris 1947
- Martin, R. L'électrification du village français, Paris 1944
- Martincourt, J. L'équipement électrique de la France, Paris 1948
- Martonne, E. de La France Physique (Géographie Universelle IV), Paris 1947
- Montpellier, I.-A. Les distributions publiques d'énergie électrique en France, Paris 1908

- Pacoret, E. Les forces hydrauliques et les usines hydro-électriques, Paris 1923
- Pardé, M. Fleuves et rivières, Paris 1933
- Pawlowski, A. La houille blanche française, Paris 1922
- Roux, E. Energie électrique et civilisation, Paris 1946
- Roycourt, F. L'équipement électrique du Massif Central, Paris 1944
- Scheu, E. "Frankreich", in: Handbuch der geographischen Wissenschaft, West- und Nordeuropa, 1932
- Siegel, G. Die Elektrizitätsgesetzgebung der Kulturländer der Erde, Band II, Berlin 1930
- Sorre, M. Les fondements de la Géographie humaine, Tome II/1: Les techniques et la Géographie de l'énergie, Paris 1948
- derselbe Les Pyrénées, Paris 1942
- Sylvestre, V. La houille blanche, Grenoble 1925
- Taix, G. Le Plan Monnet est-il une réussite ?, Paris 1953
- Thallier, G. La houille blanche, Paris 1952
- Tournier, G. Rhône - Dieu conquis, Paris 1953
- Veyret-Vernier, G. L'industrie des Alpes françaises, Paris 1948
- Wilhelm, I. La Durance, étude de l'utilisation de ses eaux et l'amélioration de son régime par la création de barrages, Paris 1913

2. Zeitschriftenliteratur

Zeitschriften und ihre Abkürzungen

Annales de l'Economie Collective, Paris

Annales de Géographie, Paris

Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, Paris (Annales I.T.B.)

Annales des Ponts et Chaussées, Paris (Annales P.C.)

Archiv für Energiewirtschaft, Berlin

Bulletin des Schweizer Elektrotechnischen Vereins, Zürich
(Bulletin S.E.V.)

Bulletin de la Société Belge des Electriciens, Brüssel (B.S.B.E.)

- Bulletin de la Société Française des Electriciens, Paris
(Bulletin S.F.E.)
- Bulletin Technique de la Suisse Romande (Bulletin T.S.R.)
- Circulaire Périodique UNIPEDE, Paris (C.r.-UNIPEDE)
- Economie Appliquée, Paris
- Economie Française, Paris
- Electrical Review, London
- Electricité, Paris
- Elektrizität, Zürich
- Elektrizitätsverwertung, Zürich
- Elektrizitätswirtschaft, Frankfurt
- Elektrotechnische Zeitschrift, Wuppertal
- Energie, München
- Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Frankfurt
- Génie Civil (Le), Paris
- Houille Blanche (La), Grenoble
- Journal des Electriciens, Paris
- Journal Officiel de la République Française, Paris
- Nouvelle Revue de l'Economie Contemporaine, Paris (N.R.E.C.)
- Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft,
Wien (Ö.Z.E.)
- Revue des Applications de l'Electricité, Paris (R.A.E.)
- Revue de Droit Social, Paris (R.D.S.)
- Revue d'Economie Politique, Paris (R.E.P.)
- Revue Française de l'Energie, Paris (R.F.E.)
- Revue Générale de l'Electricité, Paris (R.G.E.)
- Revue de Géographie Alpine (R.G.A.)
- Revue Syndicale, Economique et Sociale, Paris (R.S.E.S.)
- Technique Moderne (La) - Construction, Paris (T.M.C.)
- Travaux, Paris
- Vie et Productivité, Paris
- Vasser- und Energiewirtschaft, Zürich
- Vasserwirtschaft (Die), Stuttgart



Einzelne Zeitschriftenbeiträge

- Abkhazi, D. Ressources énergétiques françaises,
La Documentation Française, P.E. Nr.300, S.6-11
- Allerret, P. L'évolution probable de la production et de la
distribution de l'énergie électrique,
Bulletin S.F.E. 1948, S. 173-185
- derselbe Les perspectives d'intégration de l'énergie
nucléaire dans les moyens de production d'éner-
gie électrique, R.F.E. 1953/54, S. 203-211
- anciaux, P. Le service des mouvements d'énergie de
l'E.D.F., Electricité 1954, S. 115-118
- André-Martin, E. Les interruptions de fourniture électrique,
R.F.E. 1952/53, S. 336-342
- Armand, L. L'équipement énergétique et la recherche écono-
mique, "Sonderheft 1956", S. 230-233
- Boubert, J. Organisation, subventionnement et exploitation
des entreprises d'électricité livrant à des
et financées avec des fonds du Trésor Public,
R.G.E. 1937, S. 507-512
- Cardon, G. Les échanges d'énergie électrique entre la France
et les pays voisins, R.F.E. 1949/50, S.165-172
- derselbe La situation de la production et de la consom-
mation d'énergie électrique à l'entrée de
l'hiver 1950/51, R.F.E. 1950/51, S. 7-10
- derselbe Coordination de la production et du transport
de l'énergie électrique en France,
Bulletin S.B.E. 1952, S. 3-11
- derselbe L'évolution des réservoirs français depuis
janvier 1946, R.F.E. 1952/53, S. 289-297
- Desnard, L. Le développement de la production et de la di-
stribution de l'énergie électrique en France de
1923-1933, R.G.E. 1935, S. 433-442
- derselbe wie oben ... de 1933-1938, R.G.E.1942, S. 5-13
- Engling, W. Die französische Elektrizitätswirtschaft im
Monnetplan, Elektrizitätsverwertung Nr.4/1947
- Flom, R. Remarques sur le développement rural de la con-
sommation domestique et artisanal de l'électri-
cité en France, R.F.E. 1953/54, S. 467-476
- Goiteux, D. La tarification des demandes en pointe: applica-
tion de la théorie de la vente au coût
marginal, R.G.E. Nr.8/1949
- Gousquet, P. du La part de l'industrie thermique dans la poli-
tique française de l'énergie, "Sonderh.39", S.1718
- Habanes, L. Le transport d'énergie électrique à haute ten-
sion en France, R.F.E. 1949/50, S. 194-201
- Haquet, A. Les grandes possibilités de l'équipement hydro-
électrique français, Le Génie Civil 1949, S. 173

- Chalmey, L. "I" La reprise des grands travaux d'équipement électrique, T.M.C. 1939, S. 127-130
- derselbe "II" Les décrets-loi de 1938 et le programme d'équipement de l'industrie électrique, Annuaire de la Houille Blanche Française ... (s.d.), S.13-21
- Chapouthier, P. L'extension de l'équipement hydroélectrique de la France, "Sonderheft 1939"
- Chevrier/Ferry, The French Hydro-Electric Industry, Water Power 1951, Auszug: C.P.-UNIFEDE 1/1952, S. 22-27
- Chevrier, P. L'équipement hydroélectrique français en 1947, Travaux 1947, S. 511-525
- Churchod, Ad. Marcel Desprez et les origines de l'électrotechnique, R.G.E. 1935, S. 856
- Clément, M. La part des ouvrages de transport d'énergie dans le programme général d'équipement, "Sonderheft 1939" S. 67-69
- Coyne, A. Aperçu général des tendances suivies en France ces dernières années dans la conception de barrages de grande hauteur, "Sonderheft 1935", S.39-42
- derselbe Les progrès dans la technique de l'équipement hydroélectrique, "Sonderheft 1939", S. 13-16
- Dessus, G. Energie électrique et industries protégées, R.F.E. 1950/51, S. 138-140
- derselbe Le service national et le client, R.F.E. 1951/52 S. 301/302
- derselbe A propos de réformes tarifaires, R.F.E. 1954/55 S. 8 - 14
- derselbe La différenciation nécessaire des diverses qualités d'énergie électrique, R.F.E. 1954/55, S.46-50
- Empio, P. Les aspects financiers d'E.D.F., N.R.E.C. 3/1950
- Eydoux, D. L'équipement électrique de la France, Annales P.C. 1931, S. 261-288
- Félice, J. de L'étude du marché de l'électricité, R.F.E. 1953/54, S. 124-128
- derselbe Le développement des applications domestiques de l'électricité dans quelques pays d'Europe, R.F.E. 1954/55, S. 87-94
- Gaspard/Massé Le choix des investissements énergétique et la production d'électricité en France, R.F.E. 1952/53, S. 5-15
- Gautheron, R. Développement de la production et de la consommation d'énergie électrique en France, Electricité 1948, S. 121-124
- Génissieu, Et. L'influence du tarif sur la consommation, la recette et le bénéfice dans la distribution de l'énergie électrique, R.G.E. 1934, S.529-49 u.559-83
- derselbe Le réseau français d'interconnexion et de transport, "Sonderheft 1935" S. 25-32

- iguet, R. Le programme d'équipement hydroélectrique de l'E.D.F., Le Génie Civil 1949, S. 383-384
- derselbe Considérations sur l'équipement électrique de la France, Travaux 1950, S. 187-193
- derselbe Le Plan Monnet de l'électricité s'achève, R.A.E. Dez. 1951, S. 3-4
- derselbe Les programmes d'équipement électrique considérés du point de vue de l'économie appliquée, Economie Appliquée 1951, S. 33
- derselbe Réalisations et perspectives de l'équipement électrique, R.F.E. 1951/52, S. 282-292
- derselbe L'œuvre et les tendances de l'équipement électrique en France, Vie et Productivité 1954/55 Nr.1, S. 23-32
- aegelen, M. Développement de la production d'énergie électrique dans les Alpes françaises, "Sonderheft 1935" S. 5-13
- alphen, M. Un exemple d'application des méthodes statistiques: le problème du plan de développement de la production d'énergie électrique, Annuaire Hydrologique de la France 1945, S. 5 - 28
- arcourt, M. d' Le rôle des centrales thermiques dans la régularisation de l'énergie d'origine hydraulique, "Sonderheft 1939" S. 19-22
- ordan, M. La mise en valeur de nos ressources hydroélectriques, Science et Vie 1949, S. 94-101
- aestlin, R. Die französische Elektrizitätswirtschaft, Elektrizitätsverwertung April 1942, S. 10-16
- aigroz, J. Perspectives nouvelles de l'énergie électrique en France, Anr. de Géographie 1955, S. 17-34
- anglois, R. Exploitation et modernisation des centrales hydro-électriques d'E.D.F., Electricité 1954, S. 267-272 u. 303-306
- efoulon, R. La modernisation du matériel d'entreprises sur les chantiers d'aménagements hydroélectriques, "Sonderheft 1951", S. 5-10
- ion, P. Le rôle du groupement de l'électricité dans le financement du programme de travaux, "Sonderheft 1939" S. 7/8
- age, E. La mise en place provisoire des services de distribution d'E.D.F., R.F.E. 1949/50, S. 136 u. 172
- assé, P. Les problèmes économiques de l'équipement hydro-électrique, La Houille Blanche 1949 S. 580-97 u. 786-97
- derselbe L'électricité devant un nouveau plan, R.F.E. 1951/52, S. 214-225
- derselbe Pratique et philosophie de l'investissement, Economie Appliquée 1953, S. 625-658
- derselbe Les investissements électriques; transport, réparation et distribution, R.F.E. 1953/54, S. 422-435

- Mathivet, J. L'électrification de la France: Etat actuel et développements possibles, Génie Civil 1930, S. 173-76
- Namy, M. Le problème de la construction des matériels nécessaires à la réalisation du programme d'équipement électrique, "Sonderheft 1951" S. 11-18
- Oellerer/Borkenstein: Besichtigung französischer Wasserkraftanlagen anlässlich des 5. Internationalen Talsperren-Kongresses, Elektrizitätswirtschaft 1956, S. 32-40
- Olivier-Martin, D. L'effort d'équipement d'E.D.F. depuis 1946, Le Génie Civil 1949, S. 253
- Parodi, H. L'électrification de la France, R.G.E. 1948, S. 265-271
- Pelon, M. L'alimentation en énergie électrique des régions lyonnaise, dauphinoise et savoyarde, Electricité 1938, S. 213-217
- Pépinier, R. L'équilibre financier des entreprises de distribution d'électricité après le décret-loi du 16 juillet 1935, Revue Industrielle 1936, S. 427
- derselbe Evolution et perspectives de l'industrie électrique, Revue Industrielle 1936, S. 43
- Pondevaux, L. La production et la consommation françaises d'électricité de 1930 à 1937, Le Génie Civil 1939, S. 242-243
- Préaud, R. L'électrification rurale, R.G.E. 1937, S. 243-252
- Robin/Saulgeot, La politique énergétique nationale face à de nouvelles perspectives, "Sonderheft 1956" S. 268-281
- Roblot, R. La nationalisation du gaz et de l'électricité, R.D.S. 5/1946
- Romestan, J. Le réseau de transport d'énergie électrique de l'E.D.F., Electricité 1954, S. 119-126 u. 150-153
- Rousseau, H. La politique financière des entreprises en expansion continue, R.F.E. 1953/54, S. 43-52 u. 82-96
- Rousselier, M. La controverse "hydraulique-thermique" et la notion d'intérêt, R.G.E. 1950, S. 179-184
- derselbe L'orientation des études des nouveaux projets hydrauliques et l'élaboration des programmes, "Sonderheft 1951", S. 19-24
- derselbe Le programme hydraulique d'E.D.F.; quelques orientations caractéristiques en matière des projets, Annales I.T.B., Oktober 1951
- derselbe L'évolution des projets hydroélectriques entre deux programmes d'équipement, "S'heft 54" S. 87-92
- derselbe L'inventaire des ressources hydroélectriques potentielles françaises, Travaux 1954, S. 737-743
- Roux, E. Organisation des entreprises d'électricité et de gaz livrant au public et financées avec des fonds privés, R.G.E. 1937, S. 175-186
- derselbe La France et l'électricité, R.D.N. 1946, S. 82-95

- Rucheton, R. Le dispatching central; son rôle, son équipement, Electricité 1954, S. 145-148
- Serryn, P. L'énergie électrique en France, R.G.E. 1952, S. 101-127
- Taix, G. Le plan d'alerte à la fréquence, R.F.E. 1949/50, S. 99
- Taranger, P. L'électricité d'origine nucléaire, complément pour l'an 2000 ou compétition dès demain? "S'heft 56", S. 248
- Thomas, J. L'équipement électrique de la France; modernisation et perspectives d'avenir, R.G.E. 1947, S. 173-178
- Tochon, G. L'aménagement de chutes d'eau en France au début de de 1933, La Technique Moderne 1933, S. 341-342
- Torresi, F. Le rôle du thermique dans l'ensemble de la production française d'énergie électrique et son évolution depuis 1946 dans les centrales d'E.D.F., Electricité 1954, S. 181-189, 243-248 u. 307-309
- Varlet, H. Vue d'ensemble sur les projets d'aménagement électrique de la France, Travaux 1947, S. 341-348
- derselbe La production et la consommation de l'énergie électrique en France, R.F.E. 1949/50, S. 3, 53 u. 67
- derselbe Le Plan Monnet et la production d'énergie électrique thermique, R.F.E. 1951/52, S. 181-188
- derselbe La production de l'énergie électrique en France; répartition entre usines thermiques et hydrauliques, R.F.E. 1951/52, S. 313-322 u. 351-367
- Vedère, M. E.D.F. et la production d'énergie électrique, Journal des Electriciens 1949, S. 147-151
- Veyret-Vernier, G.: L'équipement électrique de la France 1947-1950, R.G.A. 1951, S. 579-593
- Villemain, J. L'électrification des campagnes, R.F.E. 1952/53, S. 55-63
- Wolfender, J.-L. Le rendement décroissant des aménagements hydroélectriques, R.F.E. 1954/55, S. 133-141
- derselbe Le coût des aménagements hydroélectriques, R.F.E. 1954/55, S. 371-388 u. 405-417

Verfasser unbekannt

- 1934 Le développement récent de l'équipement électrique de la France, Annales P.C. 1934, S. 5-20
- 1937 La nationalisation nécessaire des entreprises de production et distribution d'électricité, Revue S.E.S. 3/1937 (C.G.T.)
- 1938 La situation de l'industrie électrique française et ses perspectives d'avenir, Electricité 1938, S. 225-227 (Rapport)
- 1939 La situation du marché de l'électricité en France en 1937, R.G.E. 1939, S. 281-288
- 1939 L'activité de l'industrie électrique en 1938, Electricité 1939, S. 178-179
- 1950 Perspectives d'avenir sur la production et le transport de l'énergie électrique en France, R.F.E. 1950/51, S. 38-46
- 1952 Le développement actuel des aménagements hydroélectriques en France, Bulletin T.S.R. 1952, S. 8-12

3. Broschüren, Denkschriften, Manuskripte, "Sonderhefte"; Jahres- und Geschäftsberichte; Statistiken und Plandokumente

- Ailleret, P. Intégration de l'énergie nucléaire parmi les moyens de production de l'énergie en France, Rapport C.E.A. Nr.393 (Genfer Atomkonferenz, August 1955)
- derselbe Estimation des besoins énergétiques, Rapp.CEA Nr.398
- Annuaire de la Houille Blanche Française et des Forces Naturelles Mondiales, Paris 1939 (Ministerien für Landwirtschaft, Wirtschaft und Öffentliche Arbeiten)
- Antoine, A. La distribution de l'énergie, Vortrag vom März 1937
- Armand, L. Quelques aspects du problème européen de l'énergie, Rapport - O.E.C.E., Paris, Juni 1955
- Auby, J.-M. La nationalisation du gaz et de l'électricité, Recueil Sirey (Les nationalisations en France) 1948
- Blaevoet, Ch. Nationalisation: Electricité; Gaz, Recueil Dalloz Paris 1947
- Commissariat Général au Plan: Rapport général sur le "Premier Plan de Modernisation et d'Equipelement", Paris Nov. 1946
- derselbe Rapport général sur le "Deuxième ...", Paris Nov. 1955
- derselbe Rapport annuel sur l'exécution du Plan, Paris 1955
- Conte, M. Schulungsvorträge zur Elektrizitätsgesetzgebung, E.D.F.-Manuskript 1951
- Documentation Française: verschiedene Druckschriften, Informationsblätter und Broschüren, darunter vor allem:
L'énergie électrique en France, Paris 1951
- Dussarte, M. Etude de l'électrification rurale en France, ECE 1953
- E.C.A./E.D.F. La modernisation de l'équipement électrique français, illustrierte Broschüren, Paris 1949 und 1951
- E.C.E. (Europäische Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen):
Le potentiel hydro-électrique de l'Europe, ses limites matérielles, techniques et économiques, Genf 1952
- Electricité de France:
"Equipelement", 1948 ... 1954 (illustrierte Brosch.)
Comptes de gestion et rapport d'activité, 1946 ... 1955 (zitiert als "Jahresberichte")
"Production-Consommation", 1954 und 1955 (vorläufige Jahresstatistiken)
Statistiques de la production et de la consommation, 1950 ... 1955 (zitiert als "E.D.F.-Statistik")
Essai de détermination d'un critérium de valeur des équipements (Manuskript der Bauabteilung), 1953
Verschiedene Studienprotokolle aus dem Jahr 1956;
Karten, einzelne Angaben und Auskünfte.

- Sirard, R.** L'énergie électrique en France, Parlamentsdenkschrift, Paris 1934
- Heuvel, J.-A. van den;** La construction d'un marché commun européen dans le secteur de l'énergie, Vortrag im Centre Européen Universitaire de Nancy, Session 1956
- Massé, P.** E.D.F. devant les problèmes de l'expansion, Vortrag vom Februar 1954, Broschüre 1955
- Mercier, E.** Considérations sur une politique de l'énergie, Vortrag vom Mai 1935, Manuskript
- Ministère des Affaires Economiques et Financières:** Perspectives de l'économie française en 1965, broch., Paris 1956
- Ministère de l'Industrie et du Commerce:** Centrales hydrauliques, réservoirs et centrales thermiques en France; Statistique au 1^{er} juillet 1954, Paris 1955 (zitiert als "Wasserkraftstatistik 1954")
- O.E.E.C.** Le prix de l'électricité dans les pays de l'O.E.C.E., Paris 1953, Broschüre
- dieselbe** L'industrie de l'électricité en Europe, Paris 1955
- dieselbe** The Electricity Supply Industry in Europe, Paris 1956
- Rauber/Laborde** Coup d'œil sur la production de l'énergie électrique en France, broch., Paris 1928 (Revue Industrielle)
- Sensoy, A.** Le mouvement des nationalisations en France, Diss. Genf 1952
- "Sonderhefte"**
- "1935": L'énergie électrique en France, Paris 1935, (Science et Industrie)
 - "1939": Numéro spéciale "Electricité", 1939 (Sc. et I.)
 - "1948": L'équipement électrique de la France, Jan.-Heft von "Travaux", Paris 1948
 - "1951": vgl. "1948"; Paris Januar 1951
 - "Hydraulique et Electricité Françaises", Grenoble 1951 (Sonderheft von "La Houille Blanche")
 - "1952": L'électricité en France, Paris 1952, (Réalisations Industrielles)
 - "1953": Electrification des chemins de fer, Sonderheft von "Electricité", Paris Juni 1953
 - "1954": Aménagements hydroélectriques, Paris März 1954 (La Technique Moderne - Construction)
 - "1955": Cinquième congrès international des grands barrages, Paris Mai 1955 (Travaux)
- "Durance"** L'aménagement de la Durance, R.F.E. Mai 1955
- "Elektrizitätsversorgung in Bayern", Sonderausgabe von "Bayerland", München Juni 1955
 - "1956": Formes nouvelles de l'énergie, R.F.E. April 1956
- "Streiflichter** aus der französischen Energiewirtschaft", Bericht über Frankreich-Studienreise 1951 (V.D.M. Frankfurt)
- Taix, G.** Etude du problème des économies d'énergie, Rapport au Conseil Economique, Paris 1952 (Broschüre)
- Union pour l'étude du marché de l'électricité:** Prévisions de consommation d'énergie électrique pour 1965 (Stud.-Prot. Mai 1956)

4. Wasserkraft-Spezialliteratur

N o r d a l p e n

- Chapouthier, P. Chute Isère-Arc, Sonderheft 1951, S. 59-62
- Duport, J. Etudes sur sur modèles réduites des problèmes hydrauliques et essais de turbines, Sonderheft 1955, S. 161-169
- Duserre, H. Chute de la Vanelle, Sonderheft 1951, S. 45-48
- Electricité de France: Passy, Equipement 1951, S. 35-39
Randens, Equipement 1954, S. 27-35
- Gridel, H. Le Laboratoire National d'Hydraulique de Chatou, Sonderheft 1955, S. 155-160
- Laurent, J. Le Laboratoire Central d'Hydraulique de France, Sonderheft 1955, S. 170-178
- Ligouzat/
Combe/Audy Le barrage de Tignes, Sonderheft 1955, S. 29-40
- Olivier-Martin, D. Barrages-réservoirs futurs en Savoie, Sonderheft 1955, S. 41-45
- Orth, M. Chute de l'Arly, Sonderheft 1951, S. 65-66
- Pousse/Loubaton Chute de Passy, Sonderheft 1951, S. 73-75
- Rachail, A. Chute de Péage-de-Vizille, Sonderheft 1951, S. 73
- Ract-Madoux/Menet Chute d'Aussois, Sonderheft 1951, S. 67-72
- Sonderheft 1954 Verschiedene Tabellen, S. 82 ff.
- Verschiedene Angaben der regionalen E.D.F.-Stellen (z.B. Grenoble)
- Weitere Aufsätze u.a. in den Sonderheften "1948" und "1952"

D u r a n c e - A u s b a u

- David, A. Irrigations et glaciologie (à propos du bassin de la Durance) R.G.A. 1951, S. 317-323
- Documentation Française Cahier d'Information N° 260, Paris 1954
- Duléry, P. Les problèmes humains du barrage de Serre-Ponçon, "Durance-Sonderheft", S. 307-312
- Décelle/Cabanus "1": L'aménagement de la Durance, "Durance-Sonderheft" S. 267-283
"2": L'équipement de la Durance (Vue d'ensemble), Sonderheft 1955, S. 264-266
- Electricité de France: Equipement 1948 und 1953
- Faraut, P. L'aménagement hydroélectrique de la Durance et les exploitants agricoles, "Dur.-Sonderh." S. 296-306
- Giguet, R. Originalité de l'aménagement de la Durance, "Durance-Sonderheft" S. 264-266

- uelton, M. Le barrage de Serre-Ponçon; reconnaissance du site et choix du type d'ouvrage, Sonderheft 1955, S. 54-56
- efebvre, J. L'aménagement hydroélectrique de la Basse-Durance, Le Génie Civil 1956, S. 165-169
- aigre, R. Le barrage de Serre-Ponçon sur la Durance, T.M.C. 1956, S. 35-45
- olley, R. L'équipement de la Durance et l'agriculture de la région, "Durance-Sonderheft", S. 284-295
- erfasser unbekannt Aménagement hydroélectrique de la Durance, T.M.C. 1956, S. 12-16
- ilhelm, I. La Durance, étude de l'utilisation de ses eaux et l'amélioration de son régime par la création de barrages, Paris 1913

Mittelmeer-Küstenflüsse

- abanius, J. Chute de la Courbaisse-Massoins, Sonderheft 1951, S. 76-78
- lectricité de France Equipement 1951 (La Courbaisse), S. 30-33
- abellenangaben in Sonderheft 1954, S. 82 ff.
- asserkraftstatistik 1954

R h ô n e - A u s b a u

- ayard, P. Chute de Seyssel, Sonderheft 1951, S. 29-36
- .N.R. Druckschriften über Génissiat, Donzère-Mondragon und Montélimar (1951 - 1954); Geschäftsbericht des Jahres 1955.
- élatte, P. L'aménagement du Bas-Rhône et la construction de la chute de Donzère-Mondragon, Travaux 1950, S. 243-256
- erselbe L'aménagement général du Rhône et les chutes de Génissiat et de Donzère-Mondragon, Sonderheft 1955, S. 113-120
- Donzère-Mondragon", Hrsg.: La Houille Blanche, Grenoble 1955
- ugrand, R. L'aménagement du Bas-Rhône, Annales de Géographie 1953, S. 368-373
- Génissiat" Hrsg.: La Houille Blanche, Grenoble 1950
- enry, M. La chute de Donzère-Mondragon sur le Rhône, "Houille-Blanche-Sonderheft" 1951, S. 106-150
- erselbe L'aménagement mixte de Montélimar sur le secteur médian du Bas-Rhône, Travaux 1955, S. 653-666, S. 723-737, S. 757-771 u. S. 779-808
- erselbe Chute de Montélimar, Sonderheft 1955, S. 121-146

- Pardé, M. Le régime du Rhône; étude hydrologique, Lyon 1925
 Tournier, G. Rhône — Dieu Conquis, Paris 1953
 derselbe La Compagnie Nationale du Rhône, R.F.E. 1950/51
 S. 71-75, S. 121-124 u. S. 159-161
 derselbe L'aménagement de la chute de Montélimar,
 T.M.C., Dezember 1955
 derselbe Vortrag über den Mehrzweckausbau der Rhône, März
 1956 (École Nationale d'Administration) Broschüre

R h e i n - S e i t e n k a n a l

- Clément, M. Chute d'Ottmarsheim, Sonderheft 1955, S. 37-48
 Lefoulon, R. L'aménagement du Rhin entre Bâle et Strasbourg,
 Sonderheft 1955, S. 21-28
 Ritter, J. L'aménagement du Rhin français, Annales de Géogra-
 phie 1953, S. 365-368
 Verschiedene Schriften der Documentation Française und weitere
 Beiträge in den "Sonderheften" und in "Equipelement"

Z e n t r a l - M a s s i v

- Advenier, H. Chute de Couesque, Sonderheft 1951, S. 104-107
 Auroy/Léo Le barrage du Chastang, Sonderheft 1955, S. 79-90
 Barruel, J. de Description générale de l'aménagement de Bort, in
 "Bort", S. 9-32
 Bonnet, A. Historique des travaux du barrage-usine de Bort,
 in "Bort", S. 33-74
 " B o r t " Hrag.: La Houille Blanche, Grenoble 1953
 Cagnard, A. L'aménagement du Pouget, Sonderheft 1951, S. 111-11
 Electricité de France Equipement 1951, 1953 u. 1954 (Chastang, Enchanet,
 Luzège-Beilleitung, Pouget, Temple, Rhue, Montpezat)
 Léo, B. La chute du Chastang, Sonderheft 1951, S. 87-92
 Mary, M. La chute d'Enchanet, Sonderheft 1951, S. 97-99
 derselbe La chute de Treignac, Sonderheft 1951, S. 100-113
 derselbe Les problèmes humains de l'aménagement de Bort,
 in "Bort", S. 329-334
 derselbe Le barrage de Bort, Sonderheft 1955, S. 71-78
 Mary/Dérobot Les barrages de Couesque sur la Truyère et d'Encha-
 net sur la Maronne, Sonderheft 1951, S. 91-102
 Mazeau, M. La chute de Rivières, Sonderheft 1951, S. 115-116
 Riquois, R. Aménagement de la chute de Bort, S.-Heft 51, S. 79-8
 derselbe La chute du Temple, Sonderheft 1951, S. 108-110
 Saligne, A. La chute de Peyrat-le-Château, So.-Heft 51, S. 93-9
 Verschiedene Angaben aus "Sonderheften" und schon genannten Quelle

P y r e n ä e n

- Electricité de France Equipement 1948 ... 1954 (Aston/Aston, Nouaux, Cierp, Bordes-sur-Lez, Gnioure, Aston/Ariège, Arrens, Gréziolles, Nentilla, Cap-de-Long/Pragnères
- Girardeau, M. Chute de Nentilla, Sonderheft 1951, S. 131-132
- Maublanc/Cotillon Chute de Pragnères; Aménagement du lac de Cap-de-Long, Sonderheft 1951, S. 117-124
- Maublanc/Luchereau Chute de Gèdre, Sonderheft 1951, S. 128-130
- Moulinier, R. Usine de Pébernats, Sonderheft 1951, S. 153-154
- Moulinier/Fontagne Le barrage de Cap-de-Long, Sonderheft 1955, S. 103-112
- Peytavin, P. Chute d'Aston/Ariège, Sonderheft 1951, S. 125-127
- Verschiedene Angaben aus schon genannten allgemeineren Quellen
- Wasserkraftstatistik 1954

G e z e i t e n e n e r g i e

- Devaux, P. La première usine marémotrice du monde sera française, Doc.Franc., C.I. 223, S.17-20 (März 1953)
- Fichot Les marées et leur utilisation industrielle, Paris 1923
- Gibrat, R. L'usine marémotrice de la Rance, Sonderheft 1956, S. 234-248
- derselbe Les plans de production d'énergie électrique et les usines marémotrices, Flamme et Thermique, März 1956, S. 11-24 u. 32-39
- Moreau, G. Etude sur l'utilisation de l'énergie des marées en France, Paris 1931
- Romanovsky La mer — Source d'énergie, Paris 1950
- Vautrois, L. L'énergie des marées, Electricité 1953, S. 63-66
- Voyer, F. L'usine marémotrice de la Rance, Electricité 1953, S. 63-66

Weiterer Hinweis:

Verschiedene Berichte der IV^{es} Journées de l'Hydraulique, Paris Juni 1956 (Société Hydrotechnique de France). — Congrès International des Grands Réseaux Electriques, Mai/Juni 1956. — Weltkraftkonferenz Wien, Juni 1956.

(Nur teilweise zugänglich bis jetzt)

5. Neuere Literatur

die in der Zeit bis zur Drucklegung der Dissertation greifbar wurde und zum Teil bei der Überarbeitung berücksichtigt werden konnte.

- Armand/Etzel/Giordani Ziele und Aufgaben für EURATOM (Bericht der drei Atomweisen), Mai 1957
- Commissariat Général au Plan, Commission de l'Energie du Troisième Plan de Modernisation et d'Equipement: Rapport Général, R.F.E. Juni 1957
- Electricité de France La politique énergétique et l'Atome, Bulletin d'information générale des cadres de l'équipement, No 3, März 1957
- Comptes de gestion et rapport d'activité, exercice 1956, Paris, Juni 1957
- Statistiques de la production et de la consommation, exercice 1956, Paris 1957
- Hochgrassl, P. Les problèmes énergétiques de la France (et de l'Allemagne) face à l'énergie nucléaire et à l'EURATOM, Centre Européen Universitaire de Nancy, Oktober 1957
- O.E.E.C. Verschiedene ab 1956 erschienene Berichte über Energie- und Atomkraftprobleme in Europa

6. Herkunft der Abbildungen

- 1 E.D.F.-Statistik 1956 (S. 25); eigene Abänderungen
- 2 E.D.F.-Statistik 1956 (S. 38); eigene Abänderungen
- 3 E.D.F.-Statistik 1956 (S. 36); eigene Abänderungen
- 4 Eigene Herstellung; Zeichengrundlage: Wasserkraftstatistik 1954
- 5 " " " " "
- 6 " " " " "
- 7 Nach Décelle/Cabanus, "Durance-Sonderheit"; Abänderungen
- 8 Eigene Herstellung; Grundlage: Wasserkraftstatistik 1954
- 9 Streiflichter aus der französischen Energiewirtschaft, S.51
- 10 Informationsdruckschriften der C.N.R.
- 11 " " " "
- 12 " " " " ; Abänderungen
- 13 Eigene Herstellung unter Benutzung verschiedener Quellen
- 14 Elektrizitätswirtschaft v. 20.Jan.1956, S.36 (Quelle: E.D.F.)

- 15 Elektrizitätswirtschaft v. 20. Jan. 1956, S. 37
16 E.D.F./Equipement 1951, S. 20
17 Streiflichter aus der französischen Energiewirtschaft, S. 45
18 Elektrizitätswirtschaft v. 20. Jan. 1956, S. 39
19 " " " " " " "
20 Eigenanfertigung unter Benutzung verschiedener Quellen
21 "Sonderheft 1951", S. 117 (Maublanc/Cotillon)
22 E.D.F./Equipement 1954, S. 8
23 Génie Civil v. 15. Febr. 1957 (L'usine marémotrice de la Rance)
24 " " " " " " " " " "
25 " " " " " " " " " "
26 "Sonderheft 1956", S. 236 (R. Gibrat)
27 E.D.F.-Statistik 1956, S. 15
28 " " " " " " " " " "
29 Eigenanfertigung nach E.D.F./Statistique Provisoire 1954/55
30 " " " " " " " " " "
31 E.D.F.-Statistik 1955 (S. 17); Ergänzungen
32 Commissariat Général au Plan, Paris

7. Photoreproduktionen

Zwei Drittel der wiedergegebenen photographischen Aufnahmen sind von der Firma H. Baranger, Paris, und wurden freundlicherweise von der Electricité de France zur Verfügung gestellt.

Alle übrigen Aufnahmen wurden vom Verfasser in den Jahren 1955 und 1956 gemacht.

LEBENS LAUF

12. Januar 1931 geboren in Hamburg als Sohn des Kaufmanns Wilhelm Hochgrassl und seiner Frau Wilhelmine, geb. Angermann
- 1937 bis 1941 Grundschulbesuch in Hamburg-Blankenese und in Passau (Niederbayern)
- 1941 bis 1951 Besuch von Realgymnasien in Passau, Blankenese, Benefeld (Han.) und Neubuern/Inn
14. Juli 1951 Reifeprüfung
- ab November 1951 Studium der Wirtschaftswissenschaften an der Universität München
- zwischenzeitlich eine technische und vier kaufmännische praktische Tätigkeiten von jeweils mehrmonatiger Dauer in Hamburg, München, Lüttich und Stockholm
25. Februar 1955 Ablegung der Diplomprüfung für Kaufleute an der Universität München
- 1955 und 1956 Studienaufenthalte in Frankreich und Ausarbeitung der vorliegenden Dissertation
- Februar bis Juni 1957 Studium am 'Centre Européen Universitaire' in Nancy (Frankreich) mit Abschlußprüfung
26. Juli 1957 Ablegung der Doktorprüfung vor der Staatswirtschaftlichen Fakultät der Universität München

